



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es

TRABAJO FIN DE GRADO

Título: Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de los cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor: Álvaro Pérez González

Tutora: Dra. Dra. c. Vanesa Zorrilla

Agradecimientos

A mi padre Aurelio, mi madre María Luz y mi hermana Claudia por ser imprescindibles, su incondicional apoyo, haberme dado la oportunidad de estar hoy aquí y en definitiva, haberme dado todo lo que tengo.

A Andrea por estar por ser la persona más bonita, quererme tanto y sobretodo, estar a mi lado día a día.

A mis abuelos que de una manera u otra me acompañan todos los días.

A mi tutora Vanessa por su indispensable atención y su predisposición a ayudarme siempre que lo he requerido, este trabajo también le pertenece.

Resumen

En el siguiente documento se analizará la huella del agua para un uso sostenible, según lo establecido por la Organización Internacional de Normalización, en la norma 14046 el pasado mes de julio del 2014. El desarrollo de la técnica de cálculo para la huella del agua supone la tendencia hacia una solución universalizada de este problema global.

La ISO 14046 analiza, describe y limita los principios, requisitos y directrices para poder desarrollar y evaluar de manera correcta la huella de agua de productos, servicios, procesos y compañías, a partir del análisis de su ciclo de agua. Así como identifica los posibles impactos medioambientales derivados de su uso, incluyendo dimensiones geográficas y temporales, la cantidad de uso y los cambios que se puedan producir en su calidad.

El principal objetivo de este trabajo es buscar la innovación y mejora en la gestión de este imprescindible recurso para la vida, estudiando así los diversos impactos medioambientales producidos por las organizaciones sobre el agua. En concreto, nos centraremos en el cultivo de cítricos; naranjas, limones y mandarinas en la Comunidad Autónoma Valenciana.

Para ello se empleará la metodología descrita en el “Water Footprint Assesment Manual” según indica la norma anteriormente descrita. Los datos utilizados serán recopilados de las bases del ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

Por último, los resultados obtenidos se compararán con la evolución de una serie de indicadores sociales, económicos y demográficos, para estudiar su evolución hacia el año 2020, en el cual se cierra el período asignado por el plan Política Agrícola Común, PAC, establecido por la Unión Europea.

Índice

Agradecimientos	3
Resumen	5
Índice	6
1. Tablas	8
2. Gráficos.....	10
3. Figuras.....	12
4. Ecuaciones	13
5. Abreviaturas.....	14
6. Introducción	16
6.1. Breve reseña histórica sobre los cítricos y su origen en la Comunidad Valenciana.....	20
6.2. Motivación personal para el desarrollo de este trabajo.....	20
7. Objetivos	22
8. Metodología	24
8.1. Aspectos a tener en cuenta para la metodología.....	25
8.2. Cálculo de la huella hídrica en la agricultura	26
8.2.1. Agua verde, azul y gris.....	27
8.2.2. Cálculo de la huella hídrica azul y verde	28
8.2.3. Cálculo del cultivo utilizado	28
8.2.4. Cálculo del uso de agua verde y azul en el cultivo.	29
8.2.5. Cálculo de la huella del agua gris.....	32
8.2.6. Fracción de lavado, α	32
8.2.7. Aplicación de productos químicos por hectárea, AR	36
8.2.8. Factores de concentración: $C_{\text{máx}}$ y C_{nat}	40
8.3. Análisis de datos estadísticos	41
9. Resultados	42

9.1.	La explotación del agua en el mundo	43
9.2.	La explotación del agua en España.....	45
9.3.	El sector agrícola de España.....	49
9.4.	Los cítricos en la Comunidad Valenciana.....	52
9.5.	Resultado de la huella hídrica del cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana.....	58
9.5.1.	Cultivo utilizado, Y.....	58
9.5.2.	Resultado del uso de agua verde y azul en el cultivo	61
9.5.3.	Resultado de la huella hídrica verde y azul	62
9.5.4.	Resultado de la huella hídrica gris.....	66
9.5.5.	Resultado de la huella hídrica total.....	71
9.6.	Correlación de la huella hídrica total con diversas variables.....	78
9.6.1.	Coeficiente de correlación de la evolución de la población de la CAV y sus provincias con la huella hídrica total del cultivo de cítricos	79
9.6.2.	Coeficiente de correlación de los empleos relacionados con el sector agrario de la CAV y sus provincias con la huella hídrica total del cultivo de cítricos y el cultivo utilizado 84	
9.6.3.	Coeficiente de correlación del PIB y renta per cápita de la CAV con la huella hídrica total del cultivo de cítricos y el cultivo utilizado	94
8.6.4.	Huella hídrica estimada en el año 2020.....	97
9.7.	Análisis final de resultados.....	100
10.	Conclusiones.....	104
11.	Líneas futuras	105
12.	Planificación y presupuesto.....	107
13.	Referencias.....	110

1. Tablas

Tabla 1. Extensiones de España, la CAV y sus provincias [14].	26
Tabla 2. Clasificación de la salinidad del suelo [31].	35
Tabla 3. Conductividad eléctrica media en el extracto de saturación por provincias [31, 32].	36
Tabla 4. Extensión de terreno dedicada a los cítricos por tipos [34, 35]	37
Tabla 5. Necesidades nutritivas anuales de los agrios [33].	38
Tabla 6. Dosis anuales de abonado en los cítricos [33].	39
Tabla 7. Rangos de los niveles de fertilizantes [36].	39
Tabla 8. Aportación de nitrógeno por el agua de riego.	40
Tabla 9. Informe CIS sobre Problemas medioambientales que preocupan más personalmente [44].	47
Tabla 10. Agua suministrada para usos agrícolas, usos industriales y abastecimiento urbano en España y sus Comunidades Autónomas [44].	48
Tabla 11. Serie histórica de la distribución del agua en los hogares [44].	48
Tabla 12. Resultados del cultivo utilizado en la CAV y sus provincias.	58
Tabla 13. Diferentes cálculos obtenidos a partir de la evapotranspiración potencial.	61
Tabla 14. Resultados de la huella hídrica azul y verde en la CAV y en sus provincias.	62
Tabla 15. Aplicación de los productos químicos por hectárea.	66
Tabla 16. Resultados obtenidos en los cálculos de la fracción de lavado.	66
Tabla 17. Concentraciones de nitrógeno.	67
Tabla 18. Resultados del cálculo de agua gris.	67
Tabla 19. Resultado del cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la CAV y sus provincias.	71
Tabla 20. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total entre las provincias de la CAV.	75
Tabla 21. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total y el cultivo utilizado de las provincias de la CAV y sus provincias.	78
Tabla 22. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total y la población de la CAV y sus provincias.	84
Tabla 23. Coeficientes de correlación del cultivo utilizado y el nº de empleos agrarios.	91
Tabla 24. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total del cultivo de cítricos y el número de empleos agrarios.	94

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Tabla 25. Coeficientes de correlación entre la huella hídrica total del cultivo de cítricos y los datos macroeconómicos de la CAV.	95
Tabla 26. Huella hídrica total de la CAV y sus provincias en el año 2020.	98
Tabla 27. Estimación de la población de la CAV y sus provincias en 20	98
Tabla 28. Estimación del número de empleos en el sector agrario de la CAV y sus provincias en el año 2020.....	99
Tabla 29. Estimación del PIB de la CAV en el año 2020.....	100
Tabla 30. Estimación de la renta per cápita de la CAV en el año 2020.	100
Tabla 31. Resumen de la evolución desde el año 2006 hasta el 2020 de la huella hídrica total y los respectivos indicadores.	103
Tabla 32. Planificación temporal en la realización del documento.....	107
Tabla 33. Presupuesto de los servicios de consultoría.....	109

2. Gráficos

Gráfico 1. Uso mundial del agua [7].....	43
Gráfico 2. Uso del agua en España [41].	45
Gráfico 3. Comparativa de los usos del agua entre España y el mundo [41].	46
Gráfico 4. Uso del agua por tipo de cultivo en España, 2006 [43].....	49
Gráfico 5. Superficie de regadío respecto superficie agraria utilizada [44].....	50
Gráfico 6. Uso del agua de regadío respecto del total [44].	51
Gráfico 7. Evolución del cultivo de cítricos en la CAV [18, 46].	52
Gráfico 8. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en la CAV [18, 46].	53
Gráfico 9. Evolución de la producción de cítricos en Castellón [18, 46].	53
Gráfico 10. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en Castellón [18, 46].	54
Gráfico 11. Evolución de la producción de cítricos de Valencia [18, 46].	55
Gráfico 12. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en Valencia [18, 46].	55
Gráfico 13. Evolución de la producción de cítricos de Alicante [18, 46].	56
Gráfico 14. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en Alicante [18, 46].	56
Gráfico 15. Evolución del cultivo utilizado en Valencia.	59
Gráfico 16. Evolución del cultivo utilizado en la CAV.	59
Gráfico 17. Evolución del cultivo utilizado en Castellón.	60
Gráfico 18. Evolución del cultivo utilizado en Alicante.	60
Gráfico 19. Evolución de la huella hídrica y azul en Valencia.	63
Gráfico 20. Evolución de la huella hídrica azul y verde en la CAV.	63
Gráfico 21. Evolución de la huella hídrica azul y verde en Castellón.	64
Gráfico 22. Evolución de la huella hídrica azul y verde en Alicante.	65
Gráfico 23. Evolución de la huella hídrica gris de Valencia.....	68
Gráfico 24. Evolución de la huella hídrica gris de Alicante.....	68
Gráfico 25. Evolución de la huella hídrica gris de Castellón.	69
Gráfico 26. Evolución de la huella hídrica gris en la CAV.	70
Gráfico 27. Evolución de la huella hídrica en Alicante.	72
Gráfico 28. Evolución de la huella hídrica total en Castellón.	72
Gráfico 29. Evolución de la huella hídrica total en Valencia.....	73
Gráfico 30. Evolución de la huella hídrica total en la CAV.	74
Gráfico 31. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo de cítricos en Castellón.	75
Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.	

Gráfico 32. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo utilizado en Alicante.....	76
Gráfico 33. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo utilizado en Valencia.....	77
Gráfico 34. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo utilizado en la CAV.	77
Gráfico 35. Evolución de la población en la CAV y sus provincias [37].....	79
Gráfico 36. Correlación entre la población y la huella hídrica total de Valencia.	80
Gráfico 37. Correlación entre la población y la huella hídrica total en Castellón.	81
Gráfico 38. Correlación entre la población y la huella hídrica total en Alicante.	82
Gráfico 39. Correlación entre la población y la huella hídrica total en la CAV.	83
Gráfico 40. Evolución del número de empleos del sector agrario en Alicante [37].....	85
Gráfico 41. Evolución del número de empleos en el sector agrario en Valencia [37].	85
Gráfico 42. Evolución del número de empleos del sector agrario en Castellón [37].....	86
Gráfico 43. Evolución del número de empleos en el sector agrario en la CAV [37].....	87
Gráfico 44. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de Alicante.....	88
Gráfico 45. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de Valencia.....	88
Gráfico 46. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de Castellón.	89
Gráfico 47. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de la CAV.	90
Gráfico 48. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en Alicante.....	91
Gráfico 49. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en Valencia.....	92
Gráfico 50. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en Castellón.	92
Gráfico 51. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en la CAV.	93
Gráfico 52. Evolución del PIB de la Comunidad Valenciana [38].	94
Gráfico 53. Renta per cápita de la CAV [38].	95
Gráfico 54. Relación entre la renta per cápita y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana.....	96
Gráfico 55. Relación entre el producto interior bruto y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana.....	97

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

3. Figuras

Figura 1. Disponibilidad de agua dulce en metros cúbicos por persona [9].....	19
Figura 2. Porcentaje de la población que tiene acceso al agua [9].	19
Figura 3. Evaluación de varias aguas de riego utilizadas en CAV [30].	34
Figura 4. Salinidad de los suelos de regadío de la CAV [31].	34

4. Ecuaciones

Ecuación 1. Huella hídrica total.	27
Ecuación 2. Huella hídrica del proceso verde.	28
Ecuación 3. Huella hídrica del proceso azul.	28
Ecuación 4. Cultivo utilizado.	28
Ecuación 5. Evapotranspiración.	31
Ecuación 6. Uso del agua verde en el proceso.	31
Ecuación 7. uso del agua azul en el proceso.	31
Ecuación 8. Huella hídrica gris en el proceso.	32
Ecuación 9. Factor de lavado en método de riego superficial.	33
Ecuación 10. Facto de lavado en método de riego de alta frecuencia.	33
Ecuación 11 bis. Facto de lavado en método de riego de alta frecuencia.	33
Ecuación 12. Número de árboles por hectárea.	38
Ecuación 13. Aplicación de productos químicos por hectárea.	38
Ecuación 14. Factor de concentración natural [32].	40

5. Abreviaturas

-AR: Aplicación de productos químicos por hectárea

-CAV : Comunidad Autónoma Valenciana

-CE_{h20} : conductividad eléctrica del agua

C_{máx}: concentración máxima permitida

-C_{nat}: concentración natural

-ESYRCE: Definiciones y usos de suelo en la encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos

-ET_{azul}: evapotranspiración azul

-ETP: evapotranspiración potencial

-ET_{verde}: evapotranspiración verde

-FAO: Fundación de la comida y la agricultura de las Naciones Unidas

-HA_{proc,azu}: huella hídrica azul del proceso

-HA_{proc,gris}: huella hídrica gris del proceso

-HA_{proc,verde}: huella hídrica verde del proceso

-HA_{proc}: Huella hídrica del proceso

-INE: Instituto Nacional de Estadística

-ISO: Organización internacional de Normalización

-OMS: Organización Mundial de la Salud

-ONU: Organización de las Naciones Unidas

-PAC: Política Agrícola Común

-p.p.m: partes por millón

-PPC: Cálculo de la huella de carbono de los productos

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

-UAC_{azul}: Uso del agua del cultivo azul

-UAC_{verde}: Uso del agua del cultivo verde

-UE: Unión Europea

-UNICEF: Fundación de las Naciones Unidas de los niños

-WMO: Organización Mundial de Meteorología

6. Introducción

El agua es el recurso imprescindible para cualquier forma de vida, tal alegato se encuentra apoyado en la información suministrada por el instituto agua y salud, afirmando que “el agua se forma parte de nuestro organismo en un promedio del 65%, siendo las zonas más activas la de los músculos y vísceras” [1]. De ahí puede desprenderse la idea de que el agua es el recurso natural más importante para el ser humano, por su propio valor vital. Otra cuestión transcendental sería que el agua es el medio acuoso donde se producen las reacciones de nuestro metabolismo, participando como reactivo directamente en él, contribuyendo a la regulación de la temperatura de nuestro cuerpo o siendo el medio por el cual se transporta el oxígeno y nutrientes en nuestro cuerpo, así como también retira de nuestro cuerpos las sustancias de desecho y residuos que se han formado en nuestras células [2].

El trabajo que se desarrolla a continuación, analiza, evalúa y establecerá medidas para la huella de agua para un uso sostenible según lo establecido por la novedosa y reciente norma ISO 14046 [3]. El concepto de huella busca la contabilización de los recursos hídricos de la naturaleza que son utilizados y cuáles son los destinos de su uso. Para situarse de manera rápida, al igual que se utiliza la huella de carbono de un producto o servicio, según lo redactado en la normas ISO/TS 14067, Cálculo de la huella de carbono de los productos (PPC, en sus siglas en inglés) (5), y ISO 14044, Gestión ambiental. Análisis de ciclo de la vida. Requisitos y directrices. [4, 5], como herramientas para poder informar y analizar las emisiones de gas efecto invernadero que emite la elaboración de un producto, se trata de dar un paso más allá intentando extrapolar el mismo concepto para el uso del agua. Según la Water Footprint Network, organización ligada a la ONU [6], la huella hídrica es un indicador sobre el uso del agua que tiene en cuenta su uso directo, así como su uso indirecto por parte de consumidores y productores, midiendo de manera métrica y cuantitativa los impactos medioambientales potenciales relacionados con su empleo.

El principal interés de este tema viene abordado por la estrecha relación entre la actividad humana y el agua, derivando tales acciones en la contaminación y malgasto de esta última. Es evidente que el agotamiento del agua dulce va ligada al desarrollo de la economía mundial, llegando países a encontrarse en situación de riesgo ecológico teniendo una huella más grande que su propia capacidad biológica, tal situación puede desembocar consecuencias devastadoras tanto en el plano social como ambiental [7]. Muchos países han llegado incluso a externalizar su huella hídrica al importar bienes de otros lugares donde requieren un alto contenido en agua para su producción.

El pasado mes de mayo la Organización Mundial de la Salud y UNICEF afirmaban en una nota de prensa (Dra. María Neira, Directora del Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud), “si queremos que los niños crezcan más sanos y estén mejor educados, el acceso a servicios mejorados de agua y saneamiento ha de ser más justo y más equitativo” o que “las malas condiciones de saneamiento y el agua contaminada están relacionadas con la transmisión de enfermedades como el cólera, la diarrea, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea. Además, la ausencia de servicios de agua y saneamiento o su mal funcionamiento en los centros sanitarios representa para los pacientes, ya de por sí vulnerables, un riesgo adicional de contraer infecciones y enfermedades” [8]. Dejando así patente la importancia del agua para un desarrollo justo y equitativo de todas las personas del mundo.

A continuación, se muestran dos mapas, en los que se puede extraer la situación de los diferentes países que forman el mundo, las relaciones directas de sus poblaciones con el recurso hídrico y los problemas que tal situación podría conllevar. La fuente de tales mapas es el organismo Grid-Arendal, centro colaborador con el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas, acompañándolos con un lanzamiento de preguntas al aire que permiten esbozar las líneas que la sociedad tendrá que trazar en un futuro próximo, tales cuestiones son, ¿cuáles son los países que seguirán teniendo problemas respecto al agua?, ¿qué conflictos se desatarán por tal situación?, o, ¿en qué países una importante parte de la población deberá seguir esperando para tener acceso al agua? [9].

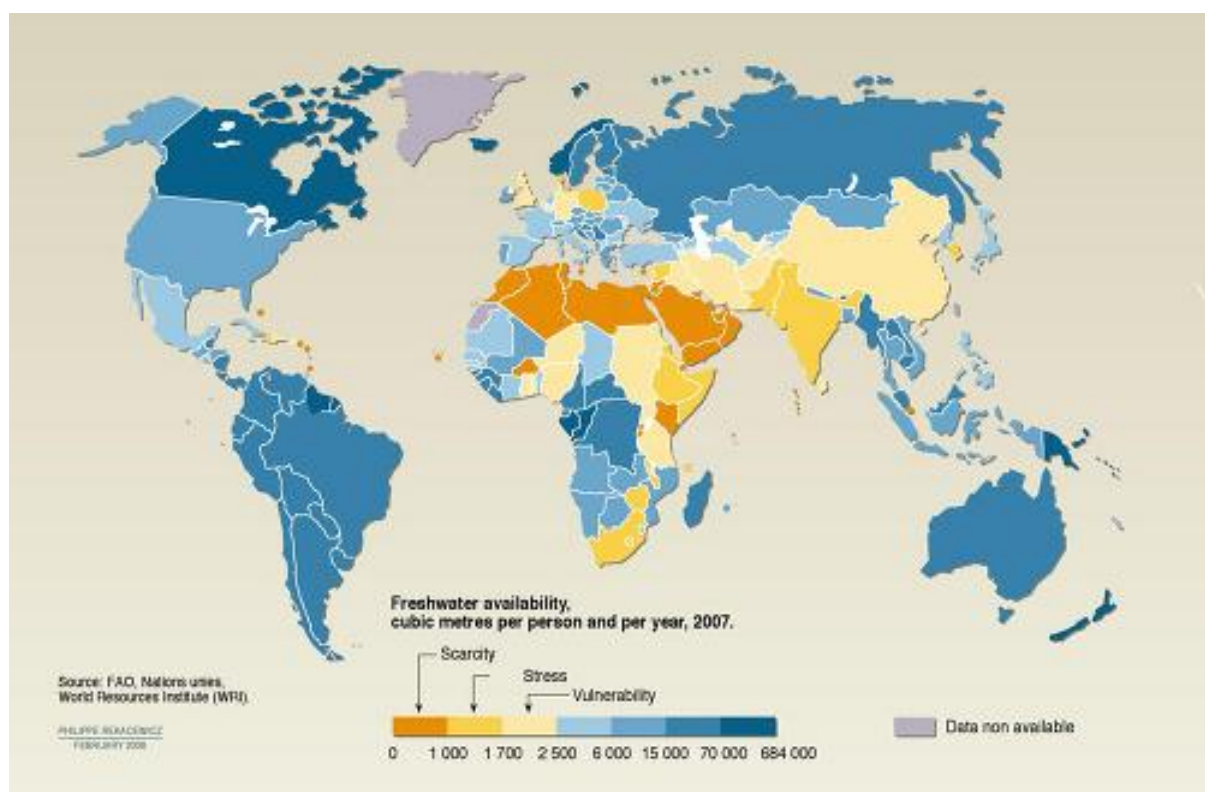


Figura 1. Disponibilidad de agua dulce en metros cúbicos por persona [9].

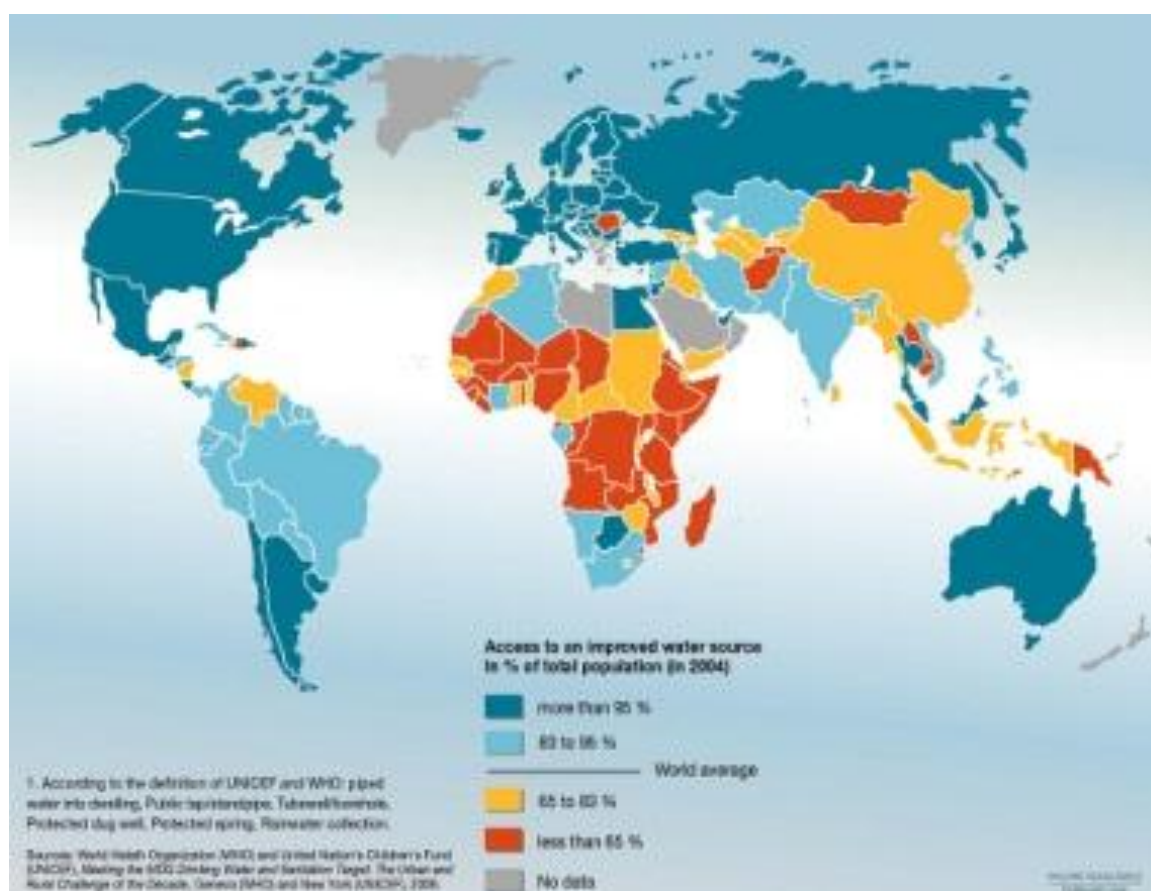


Figura 2. Porcentaje de la población que tiene acceso al agua [9].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

El documento que se desarrollará a continuación se centrará en el cultivo de los cítricos, en la Comunidad Valenciana, situada en el linde de la costa española que baña el Mar Mediterráneo. De los anteriores mapas, destaca en el primero la cercanía de esta región con la zona vulnerable sobre el acceso al agua, calculado en metros cúbicos por persona.

6.1. Breve reseña histórica sobre los cítricos y su origen en la Comunidad Valenciana.

Los cítricos son un conjunto de frutas que pertenecen al género Citrus, son una de las especies arbóreas más cultivadas en el mundo. Para situarse brevemente en el contexto histórico de porque el cultivo de esta fruta tiene tanto peso en la agricultura, primero habría que remontarse a los conquistadores de Alejandro Magno (segunda mitad del siglo IV a.C), aunque las primeras referencias a la naranja se sitúan en el Libro de la Historia sobre el siglo V a.C. También aparecen referencias a ellos en el antiguo Egipto en el templo de Karnak. En el Imperio Romano, en concreto, en los escritos de Columela en Historia Natural (siglo I d.C) aparecen referencias a sus características, propiedades y cultivos. Cabe citar que sus primeros usos lejos de ser alimentarios, fueron como cosméticos y medicina [10].

El primer contacto de los cítricos en España, se sitúa en el siglo VII, aunque es posible que se conocieran en las Islas Baleares. Pasada más de una decena de siglos, en el S.X y XI, de mano de los árabes se extendió su cultivo, en especial el de naranja amarga, por la costa Mediterránea, llegando así a las lindes marítimas valencianas. Es desconocido quién introdujo la naranja dulce en Europa, pero existen teorías que hablan de los cruzados, mercaderes indonesios o venecianos y genoveses a través de las rutas comerciales. (Ibídem)

En cuanto a España y la Comunidad Valenciana, su cultivo se inició a finales del siglo XVIII, anteriormente a este siglo su cultivo se conocía de manera aislada en jardines y lindes los huertos. No será hasta cuando a mediados de siglos se produce un verdadero crecimiento en el cultivo y se expande por toda la comunidad, a raíz de la crisis desatada en el sector industrial de la seda y el cáñamo. Posteriormente, durante la mitad del siglo XIX la crisis vinícola dejará e camino libre a la naranja situándola en el podio de los cultivos más rentables para el territorio valenciano siendo el segundo producto más exportados, tras los vehículos automóviles [11].

6.2. Motivación personal para el desarrollo de este trabajo

Los principales responsables de nuestras acciones somos nosotros mismos, por ello la principal motivación que me ha movido para realizar este documento es la preocupación por el uso de los recursos con vida limitada que tiene el mundo, entre ellos el agua, protagonista Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

central de este trabajo. Aunque se trate de un tema del que nadie puede escapar, ya que toda la población es consciente de una manera u otra de que no todos los recursos del mundo tienen vida infinita en el tiempo o que se pueden agotar por un uso irracional y desmedido, no se muestra una actitud con vocación de cambio frente a esta problemática.

Una vez dicho esto, sería necesario explicar porque he elegido los cultivos de cítricos de la CAV, una de las principales razones es su importancia en la economía de la región, situándose solo por detrás de la industria automovilística en exportaciones de esta región hacia el mundo, y por ende de España ya que sostiene más del 70% de las exportaciones del país hacia fuera [12]. Por otro lado, la agricultura es sí misma una fuente de vital importancia en el mundo para la producción de alimentos. Por ello considero que dada la relevancia existente en este sector de cara a producir la comida necesaria para abastecer la necesidad alimenticia de la población mundial, no debe descuidarse el consumo de agua que emplea y el impacto que puede suponer a la vez en la economía y factores sociales como la demografía.

Los principios de la sostenibilidad en el sector agrícola son fundamentales para poder producir más en la misma porción de terreno, conservar el medioambiente y anticiparse a los problemas que pueden deteriorarlo y mejorar la vida de las personas favoreciendo la accesibilidad a los alimentos, ya que como se introdujo en el anterior párrafo, es la principal fuente de comida para el planeta.

Es inevitable deducir la fuerte relación que guarda la utilización del agua y de qué manera afecta a nuestra vida en diferentes planos: demográfico, social y económico. Para ello la mejor manera es relacionar tal empleo con una serie de indicadores, que en este caso serán el PIB y la renta per cápita, la población y el número de empleos relacionados con el campo, buscando así poner pruebas encima de la mesa de carácter relevante para demostrar las ligazones existentes entre la manera de utilizar los recursos del planeta y nuestras condiciones materiales de vida.

Por último, en la actualidad el agua y su mantenimiento están siendo cada vez más los objetos centrales de los debates en torno al desarrollo sostenible, por ello una de las pretensiones de este trabajo es aportar otro punto más que facilite el debate, acerque posturas en común y consiga hacer un mundo más sostenible para mejorar las condiciones de vida de todas las personas que lo habitan y no hipotecar a las generaciones futuras.

7. Objetivos

El objetivo de este proyecto es el cálculo de la huella hídrica del sector agrícola de la Comunidad Valenciana, en concreto, el cultivo de cítricos: naranjas, limones, mandarinas y pomelos, siguiendo la normalización expuesta en la ISO 14046 y los pasos descrito en el manual “The Water Footprint Assesment Manual”. En el actual contexto globalizado el empleo del agua y la manera de cómo llevarlo a cabo cobran de gran importancia, por ello es necesario disponer de evaluaciones técnicas que puedan ser utilizadas de manera coherente e internacional con el objetivo final de orientarse hacia la mejora continua, en este caso el ahorro del agua o prevención ante su derroche de manera sostenible y manteniendo la calidad y prestigio que el producto ha gozado hasta el momento. Aun así, cabe describir que el cálculo de la huella hídrica siguiendo la ISO 14046 no es suficiente para poder llevar a cabo una evaluación minuciosa y única sobre el potencial del impacto que supone el actual uso del agua.

Aunque son China y Brasil los países que acaparan la primera plaza en cuanto a la producción de este cultivo se refiere, el documento se centrará en España uno de los países que más exportaciones de cítricos llevan a cabo situándose la mayor parte en la CAV, como se detallará en el trascurso del desarrollo del trabajo [10].

Por último el objetivo de este proyecto será a partir del cálculo de la huella hídrica de los cítricos en la CAV, evaluar de qué manera está relacionado el consumo de agua asociado al cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana a diferentes impactos económicos. En definitiva y en otras palabras, el objetivo en concreto de este trabajo es:

- 1) Realizar un estudio y cálculo de la huella hídrica en el cultivo de los cítricos de la CAV y sus provincias, analizando su evolución en el período de tiempo comprendido entre 1990 y 2006. Para posteriormente obtener los valores de la huella hídrica total en el año 2020.
- 2) Mediante los resultados obtenidos en el objetivo 1, realizar una estimación del número de empleos relacionados con el sector agrícola y la evolución de la población en la CAV y sus provincias, y el cálculo de los parámetros macroeconómicos del PIB y la renta per cápita en la CAV, todos ellos en el 2020, año que encierra el período iniciado en el 2014 por la Política Agrícola Común (PAC) de la UE, en el que se relatan objetivos estratégicos relacionados con sostenibilidad y el consumo de agua en la agricultura, así como la fecha marcada por el plan Europa 2020, centrada en el crecimiento de la UE en la actual década.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

8. Metodología

8.1. Aspectos a tener en cuenta para la metodología

Para el cálculo de la huella hídrica se consideraran todos los aspectos relacionados con el medio natural, salud humana y recursos que estén relacionados con el agua, incluyendo la disponible y la residual.

Para la metodología que llevada a cabo, cabe citar las pautas marcadas en el artículo La articulación a través de estándares [13], en el cual relatan como elemento estratégico de análisis que las organizaciones, empresas y compañías deben tener en cuenta, los siguientes aspectos:

- 1) Definición del objetivo y su ámbito de planificación. Se deben elegir las normas voluntarias que supongan ventajas y abran nuevas oportunidades competitivas para poder mantener y mejorar la comercialización del producto, en este caso los cítricos, en el mercado internacional.
- 2) Tratar de que las normas voluntarias elegidas ofrezcan la posibilidad de participar en convocatorias públicas, o mantener compromisos establecidos con clientes internacionales que utilicen los estándares internacionales. En el caso que aborda el siguiente documento se atenderá, en especial, a compromisos medioambientales, de manera que:
 - a) Se evaluará la magnitud de los impactos ambientales y búsqueda de oportunidades y estrategias para anticiparse y reducirlos.
 - b) Se buscará la constante mejora para asegurar su uso eficiente y optimización de la gestión del ciclo del agua.
 - c) Se elaborará un informe con el propósito de informar a la parte de la industria, de órganos de gobierno así como diferentes organizaciones no gubernamentales de los posibles impactos medioambientales detectados.
 - d) La información que se suministre siempre gozará de coherencia científica, precisa y fable.
- 3) Se llevará a cabo una interpretación de los resultados.

Otra información a tener en cuenta es la proporcionada por el informe de Extensión superficial de las Comunidades Autónomas y Provincias, por zonas altimétricas realizado por el Instituto Nacional de Estadística, la superficie total de España es de 505 990 kilómetros cuadrados (equivalente a 50 599 000 hectáreas), mientras por otro lado la extensión de la Comunidad Valenciana es igual a 23 255 kilómetros cuadrados (equivalente a 2 325 500 hectáreas). Tal extensión es repartida de la siguiente manera: 5 817 kilómetros

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

cuadrados (581 700 ha) en Alicante, 6 882 kilómetros cuadrados (688 200 ha) en Castellón y 10 776 kilómetros cuadrados (1 077 600 ha) en Valencia [14].

	Kilómetros cuadrados	Hectáreas
Total España	505 990	50 599 000
Total Comunidad Valenciana	23 255	2 325 500
Castellón	5 817	581 700
Alicante	6 882	688 200
Valencia	10 776	1 077 600

Tabla 1. Extensiones de España, la CAV y sus provincias [14].

Según el informe del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial, la extensión de cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana asciende a un 31% aproximadamente de su extensión total cultivada [15], de esta información puede obtenerse un total de 180 000 ha aproximadamente, en el desarrollo del documento se corroborará esta cifra manteniéndose prácticamente constante en el período 1990-2006, de esta comunidad autónoma son dedicados al cultivo de cítricos.

8.2. Cálculo de la huella hídrica en la agricultura

Con los datos expuestos anteriormente, se procederá ahora a la metodología para el cálculo de la huella hídrica en la agricultura, según los pasos expuestos en el Water Footprint Assessment [6]. Se calculará en primer lugar la huella de agua total para la Comunidad Valencia y a continuación, la huella de agua en las diferentes provincias que la forman, Valencia, Castellón y Alicante.

Este método es aplicable en un sentido amplio, tanto para árboles perennes como no perennes, independientemente de uso, incluyendo los árboles utilizados para madera.

Para calcular la huella del agua total de la producción de cítricos en la Comunidad Valenciana, utilizaremos la siguiente fórmula, desglosada en la suma de la huella de agua Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

verde ($HA_{\text{proc,verde}}$), agua azul ($HA_{\text{proc,azul}}$) y agua gris ($HA_{\text{proc,gris}}$). Como se trata de un caso de productos procedentes de la agricultura, las unidades serán de volumen/masa, pudiendo ser m^3/ton o litros/kg. Por la magnitud de las cantidades que se tratarán se elegirá m^3/ton . A continuación, se tratará la expresión por partes [6]:

$$HA_{\text{proc}} = HA_{\text{proc,verde}} + HA_{\text{proc,azul}} + HA_{\text{proc,gris}} \quad [\text{m}^3/\text{ton}]$$

Ecuación 1. Huella hídrica total.

8.2.1. Agua verde, azul y gris

A continuación, se definirán los conceptos de agua verde, azul y gris:

- Agua verde: es el agua almacenada procedente del volumen de esta evaporado de los recursos hídricos del planeta, en otras palabras, podría definirse como el agua de lluvia almacena en el suelo como humedad, o se mantiene temporalmente en la parte superior de este o de la vegetación. Según el manual Water Footprint Assessment, juega un papel determinante en la agricultura siendo no así en el sector industrial donde no alberga ninguna importancia, ya que dependiendo de las precipitaciones atmosféricas según el lugar geográfico y la época del, la evapotranspiración podrá mantener los bosques, zonas de pastoreo y el tema que atañe al proyecto, los cultivos [6]:
- Agua azul: volumen de agua dulce que se encuentra almacenada en forma de aguas subterráneas o superficiales; pantanos, lagos, ríos, etc. Según el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo “Agua para todos, agua para la vida”, a pesar de que el 70% de la superficie de la tierra está cubierto por agua y el nombre de Planeta Azul que recibe la Tierra, solo el 2,53% del total es dulce, siendo el resto salada. Por otro lado, dos terceras partes del agua dulce se encuentra inmovilizada en glaciares y capas de nieve perpetuas, repartiéndose el resto en su mayor parte en agua subterránea y una ínfima parte en superficiales [16].
- Agua gris: es el volumen de agua teórica que permitiría la reducción a concentraciones inferiores de las permitidas por la legislación vigente de contaminantes. No se trata de agua real sino de un indicador, en unidades volumétricas, de la cantidad de agentes contaminantes que se generan en las actividades humanas, en el caso del proyecto, en el cultivo de cítricos de la Comunidad Valenciana. Dado que se trata del sector agrícola, el agua gris es la cantidad de agua necesaria para diluir los residuos contaminantes procedentes de componentes químicos como pesticidas o abonos [17].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

8.2.2. Cálculo de la huella hídrica azul y verde

Para calcular la huella de agua azul y verde, usaremos métodos similares [6]:

$$HA_{proc, verde} = \frac{UAC_{verde}}{Y} \quad [m^3/ton]$$

Ecuación 2. Huella hídrica del proceso verde.

$$HA_{proc, azul} = \frac{UAC_{azul}}{Y} \quad [m^3/ton]$$

Ecuación 3. Huella hídrica del proceso azul.

Los cítricos son un cultivo de regadío debido a la gran cantidad de recursos hídricos que se necesitan para su producción. Según el anexo de Definiciones y usos de suelo en la encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE) del Ministerio de Agricultura y Medioambiente, los cultivos de regadío son aquellos que a lo largo de su siembra o desarrollo han sido al menos una vez regados, a diferencia de los cultivos de secano en los cuales el aporte de agua depende exclusivamente de las precipitaciones atmosféricas [18].

Por otro lado, las precipitaciones mayores que superarían tal estimación, no serían ningún problema siempre que el suelo tenga un buen drenaje. Aun así en el documento realizado la situación de grandes precipitaciones no serán inconveniente ya que la situación geográfica sobre la que se trabajará es árida y seca, por lo que el agua procedente de la lluvia siempre será bienvenida.

8.2.3. Cálculo del cultivo utilizado

Y (cultivo utilizado), equivale al cociente obtenido de las toneladas de cítricos que se producen por la extensión de terreno que ocupan, y será el mismo para calcular tanto la huella de agua azul como la verde. Los datos empleados para el cálculo del cultivo utilizado han sido obtenidos a partir de los Boletines de Información agraria publicados y facilitados anualmente por la Conselleria de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua de la Generalitat Valenciana [19].

$$Y = \frac{Producción}{Extensión\ del\ terreno} \quad [ton/ha]$$

Ecuación 4. Cultivo utilizado.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

8.2.4. Cálculo del uso de agua verde y azul en el cultivo.

Para calcular el UAC_{verde} (uso de agua verde en el cultivo) como el UAC_{azul} (uso de agua azul en el cultivo), se debe conocer la acumulación diaria de evapotranspiración, ET_{verde} y ET_{azul} , se llevará a cabo en las unidades de mm/día durante el tiempo que se prolongue el ciclo del período.

Según el artículo ¿Cómo se puede medir y estimar la evapotranspiración?: estado actual y evolución, publicado en la revista científica y técnica de ecología y medio ambiente Ecosistemas, la evapotranspiración es un componente imprescindible para poder calcular cualquier balance hídrico y un factor determinante entre la superficie terrestre y la atmósfera, ya que es el proceso por el cual el agua es transferida desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. Incluye tanto la evaporación de agua líquida o sólida directamente desde el suelo o desde los propios vegetales muertos o vivos, como las pérdidas de agua producidas a través de las extensiones verdes, particularmente las hojas. Su cuantificación es necesaria para realizar un estudio de gestión y planificación en la producción de una superficie vegetal. Según estimaciones un 57% del total de la precipitación anual es devuelta a la atmósfera, o en un día cálido, en muchas zonas es común una evapotranspiración de 3-4 mm [20].

Para poder calcular una estimación de la evapotranspiración, cabe realizar una pequeña reseña histórica. A lo largo de la historia se han realizado diversos cálculos para intentar precisar su valor. En primer lugar, el desarrollo de este concepto tiene su origen en el cálculo de la evapotranspiración potencial, de manos de Thornthwaite (1948), definiendo la ETP como la tasa máxima de evaporación de una superficie completamente sombreada por un cultivo verde, sin limitación en el suministro hídrico. Continuaron avanzando Penman-Monteith (1965), Blaney-Criddle (1977) y Priestley-Taylor (1972) (Ibídem).

Aun así el concepto de ET continuaba sin proporcionar un método estándar para su cálculo, por lo que la FAO, organizó un gabinete de expertos e investigadores en colaboración con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y la Organización Mundial de la Meteorología, WMO, para intentar buscar confluencias en la terminología y conceptos, actualizando e implementando una nueva metodología. Esta nueva combinación basada en el método de Penman-Monteith, fijaba que la nueva evapotranspiración de referencia, ET_o , sería la tasa ET de un cultivo hipotético con un valor fijo de altura de 12 cm, una resistencia a cubierta vegetal de 70 s m^{-1} y el albedo, porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que recibe sobre la misma, sería de 0.23. Tal información será registrada en una estación microclimática o meteorológica (Ibídem).

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Una vez conocida la evapotranspiración de referencia de un cultivo o una región, en este caso la Comunidad Valenciana, multiplicamos tal valor por un factor corrector específico adimensional, K_c . Este dato se obtendrá a través de diferentes investigaciones y es diferente para cada especie variando según su desarrollo. En el caso que compete, utilizaremos un valor K_c para cítricos en la fase de desarrollo total, siendo este valor 0,70 según tabla de coeficientes de cultivo proporcionada en la tabla de Climatología aplicada a la ingeniería y medio ambiente de ingeniería agroforestal de la Universidad Politécnica de Madrid [21].

Los datos que se analizarán en este trabajo, son obtenidos a través del Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, proporcionando las evapotranspiraciones potenciales medias anuales desde el año 1990 al 2009 en las diferentes demarcaciones hidrológicas. Estos datos aportan la información necesaria de los valores de la evapotranspiración como se ha detallado anteriormente, para a posteriori mostrar la evolución de la huella hídrica en el cultivo de cítricos en la CAV y sus provincias [22].

Las demarcaciones hidrológicas de la Comunidad Valenciana son la del Júcar y Segura. Los datos serán los correspondientes a la demarcación hidrológica del Júcar, en la que el 50 % de su extensión corresponde a la Comunidad Valenciana, quedando repartido el resto en un 36% correspondiente a Castilla La-Mancha, un 13,6% a Aragón y un 0.6% a Cataluña. Podría considerarse también la demarcación hidrológica del Segura, pero dado que solo un 7% de la Comunidad Valenciana con una extensión de 1227 Km², podría despreciarse a la hora de realizar los cálculos posteriores [23].

La información recogida se ha desarrollado una combinación de los métodos de cálculo de Thornthwaite, siguiendo los criterios apuntados anteriormente por la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y la Organización Mundial de la Meteorología, WMO.

Según un estudio agrónomo desarrollado por la Universidad Politécnica de Madrid, mediante a la comparación de los diferentes métodos se llegaba a la conclusión de que el método de Thornthwaite en las zonas áridas es de un radio de 0.76 sobre el método de Penman-Monteith, considerado como se redacta anteriormente como el mecanismo de cálculo adoptado por la FAO. Por lo que los valores obtenidos de la evapotranspiración potencial obtenidos a través del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España serán multiplicados por el coeficiente corrector de 1.24 [24].

Por lo que todo lo anterior, podría resumirse en la siguiente fórmula para obtener el valor de evapotranspiración:

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

$$ET = ET_o \cdot K_c$$

Ecuación 5. Evapotranspiración.

Donde K_c será igual a 0,7 y el valor de ET no variara según según la provincia ya que se tomarán los valores asignados a la Demarcación Hidrológica del Júcar, en la que la Comunidad Valenciana ocupa la mitad de su extensión.

Se obtiene así el uno del agua azul como verde en el proceso:

$$UAC_{verde} = 10 \times \sum_1^{365} ET_{verde} \text{ [volumen/area]}$$

Ecuación 6. Uso del agua verde en el proceso.

$$UAC_{azul} = 10 \times \sum_1^{365} ET_{azul} \text{ [volumen/area]}$$

Ecuación 7. uso del agua azul en el proceso.

El objetivo del factor 10 que multiplicada al sumatorio es convertir la profundidad del agua en unidades de milímetros a m^3/ha . El sumatorio comprende desde el día de la siembra (día 1) hasta el día en el que se recoge la cosecha, en el caso del tema que compete este trabajo, el período de tiempo estará comprendido entre la penúltima cosecha hasta la última. Según el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, dependiendo de la especie de cítrico, las fechas de recolección varían, desde el mes de septiembre hasta el mes de mayo, pero todas coinciden en que solo tienen una campaña al año, por lo que el sumatorio comprenderá desde el día 1 al día 365 [25]. Para complementar esta información, según el artículo Exigencias del cultivo del cítrico tales frutos tardan mucho en madurar, aproximadamente entre 6 y 8 meses desde la fructificación hasta la maduración, dejando así corroborado la única posibilidad de una cosecha anual [26]. Para corroborar todo lo anterior, según Water Footprint Assessment, al tratarse de un cultivo de hoja perenne se debe calcular todo el año [6].

Será en la zona norte de la península donde se puede observar una evaporación menor, lo cual se traduce en mayor humedad en el ambiente, mientras en las provincias de la Comunidad Valenciana, zona en la cual se centra este documento son las zonas más secas junto a la zona sur de Andalucía. La explicación a este fenómeno se encuentra en las diferentes condiciones climatológicas entre el este y sur de la península con respecto al norte, lo cual repercute en diferencias sobre la vegetación un factor determinante, ya que una superficie cubierta por mayor capa vegetal impide la evaporación a diferente ritmo que una descubierta [27].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

8.2.5. Cálculo de la huella del agua gris

Para calcular el componente de la huella del agua gris del cultivo de cítricos, $HA_{proc,gris}$, se debe tener en cuenta las concentraciones de productos químicos que se necesitan, ya que como se describió en un párrafo anterior, es un indicador que muestra la cantidad de agua que se necesitaría para diluir los componentes químicos empleados hasta concentraciones normalizadas. Los contaminantes son generalmente fertilizantes, en especial nitrógeno y fósforo, pesticidas e insecticidas. Según el Water Footprint Assessment tan solo debemos centrarnos en el contaminante más crítico, es decir, el que necesite el mayor volumen de agua para reducir su concentración [6].

$$HA_{proc,gris} = \frac{(\alpha \times AR) / (C_{max} - C_{nat})}{Y} \quad (m^3/ton)$$

Ecuación 8. Huella hídrica gris en el proceso.

8.2.6. Fracción de lavado, α .

La fracción de lavado (α) es un concepto creado por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos. La misión de éste es considerar el exceso de agua en el riego de manera que se facilite el lavado de las sales del suelo hacia profundidades alejadas a la zona radicular, debido a que cuando regamos el suelo, buena parte del agua utilizada se infiltra en la profundidad y otra es retenida siendo esta última la responsable de la salinización del suelo. La acumulación de las sales se deben principalmente a concentraciones excesivas de estas en el agua de riego o un mal drenaje por parte del suelo, aunque se toman las primeras como el criterio primordial de calidad, ya que se acumulan en determinados puntos del perfil, fundamentalmente donde se produce la extracción del agua por parte de las raíces. La herramienta que se utiliza para ello es un conductivímetro, un instrumento que mide la conductividad del agua, permitiendo así, llevar un control rápido y sencillo de la salinidad en el agua de riego y en el suelo. En la actualidad, existe una diversidad de tales instrumentos muy amplia, permitiendo al usuario obtener no solo la conductividad eléctrica (Ds/m), sino también el % de cloruro sódico, NaCl, y la temperatura. Para calcular el factor de lavado se utilizará la información suministrada en el artículo, Aproximación a los Criterios de Calidad para el Agua de Riego, publicado en el Instituto Valenciano de las Investigaciones Agrarias, para los suelos cuya textura oscila entre franco-arenosa y arcillosa [28]. Las ecuaciones expuestas a continuación serán válidas para el cultivo de cítricos de la Comunidad Valenciana, ya que tales plantaciones se encuentran en suelos con textura desde franco-arenosa hasta arcillosa, lo cual traduce el doctor de Paz en la revista Agroquímica Sostenible, en lo siguiente: “lo rústico que es el cítrico en cuanto a suelo se refiere” [29].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

-Métodos de riego superficial:

$$\alpha = \frac{CE_{h20}}{5CE_e - CE_{h20}}$$

Ecuación 9. Factor de lavado en método de riego superficial.

-Métodos de riego de alta frecuencia:

$$\alpha = \frac{CE_{h20}}{2(Max.CE_e)}$$

Ecuación 10. Factor de lavado en método de riego de alta frecuencia.

La diferencia entre riegos de alta frecuencia y riego superficial radica en el intervalo de tiempo entre la última reposición de agua de cultivo y la siguiente, dependiendo de diversos factores como la localización del riego y la capacidad de retención de agua por parte del suelo. Los de alta frecuencia (diarios), se ajustan mejor a una baja capacidad de agua y alta capacidad de aire, mientras los de riego superficial (riegos distanciados) se adaptan mejor a suelos con alta capacidad de retención de humedad y baja capacidad del aire [30]. En el caso que compete este trabajo, dado que los terrenos donde se encuentran la mayor cantidad de cultivos de cítricos son marginales o rústicos como sostenía el doctor de Paz, aparte de tratarse de terrenos arenosos caracterizados por ser porosos y poseer gran cantidad de infiltración de agua, se utilizará la segunda expresión, métodos de riego de alta frecuencia:

$$\alpha = \frac{CE_{h20}}{2(Max.CE_e)}$$

Ecuación 11 bis. Factor de lavado en método de riego de alta frecuencia.

Siendo CE_{h20} , la conductividad eléctrica del agua de riego a la temperatura de 25 °C, en el caso de la Comunidad Valenciana el valor medio de este factor será de 1.3 dS/m, utilizándose de manera generalizada las aguas de mejor calidad para el regadío, estas son las provenientes de los ríos Júcar, Turia, Mijares, Palencia y Ebro. Las utilizadas provenientes de acuíferos suelen tener mayores salinidades al igual que las aguas provenientes de depuradores que se sitúan en el límite [31].

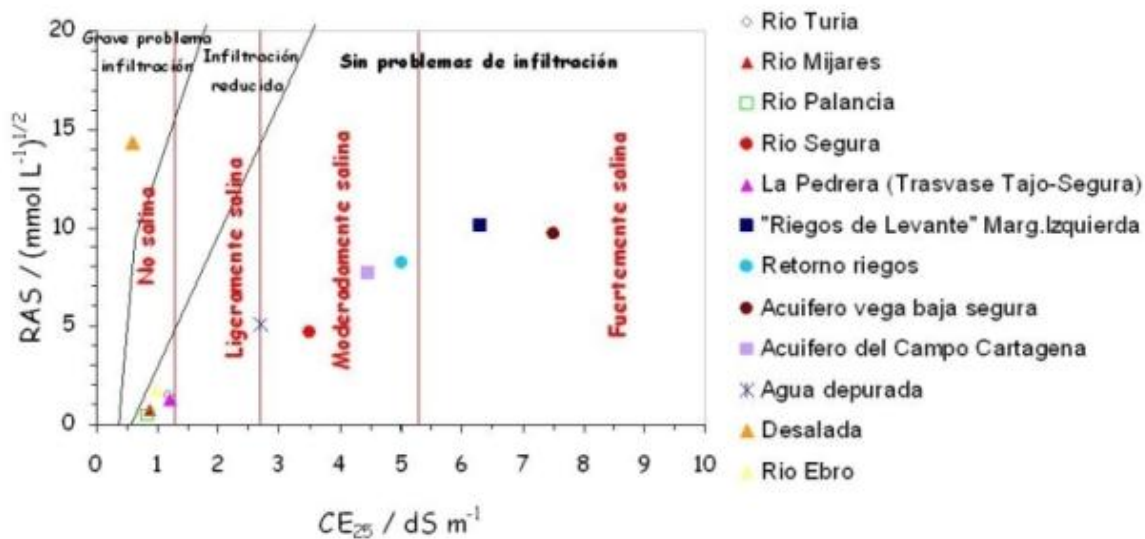


Figura 3. Evaluación de varias aguas de riego utilizadas en CAV [31].

Por otro lado Máx. CE_e , es la conductividad eléctrica máxima del extracto de saturación del suelo, referido a un cultivo dado. Según podemos observar en el siguiente mapa que estima la salinidad del suelo en las zonas de regadío, la salinidad varía geográficamente, situándose los valores más altos en la provincia de Alicante, en la provincia de Valencia los valores son ligeros y moderados y en la provincia de Castellón se combinan valores extremos de nula salinidad y valores muy altos.



Figura 4. Salinidad de los suelos de regadío de la CAV [32].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

De la siguiente tabla se puede a través de la clasificación del suelo, obtener un valor estimado de la conductividad eléctrica en el extracto de saturación (dS/m):

Clasificación del suelo	Conductividad Eléctrica en el extracto de saturación (dS/m)	Efectos
No salino	0-2	No afecta a los cultivos
Ligeramente salino	2-4	Puede disminuir los rendimientos de los cultivo sensibles
Moderadamente salino	4-8	Disminuye el rendimiento de la mayoría de los cultivos
Salino	8-16	Rendimiento satisfactorio sólo de cultivos tolerantes
Extremadamente salino	>16	Rendimiento satisfactorio sólo de cultivo muy tolerantes

Tabla 2. Clasificación de la salinidad del suelo [31].

Finalmente, en la siguiente tabla se pueden extraer los valores del factor de lavado en cada provincia de la Comunidad Valenciana, utilizándose valores medios tras un previo análisis de las imágenes y tablas anteriores:

Provincia	Conductividad Eléctrica en el extracto de saturación (dS/m)
Valencia	5
Alicante	12
Castellón	8

Tabla 3. Conductividad eléctrica media en el extracto de saturación por provincias [31, 32].

8.2.7. Aplicación de productos químicos por hectárea, AR

Este factor consiste en la masa del producto químico más utilizado partido por hectárea. En el cultivo de cítricos los productos químicos más utilizados son fertilizantes con una alta composición de potasio (K_2O), fósforo (P_2O_3) y nitrógeno. A la hora de la utilización de este tipo de componentes, deben ponerse encima de la mesa unos fines transversales en todas las plantaciones, reducir costes económicos a medio-largo plazo, mejorar la calidad del producto y disminuir la contaminación de las aguas subterráneas. Por lo que no es cuestión de usarse sin valorar las consecuencias que derivarán de su utilización ya que no sólo tienen una trascendencia positiva como suplir los nutrientes que falten en el suelo o restituir los elementos minerales que haya podido consumir el cultivo durante su desarrollo [33].

Diferentes estudios en la Comunidad Valenciana fijaban que más del 70% de las parcelas tenían niveles de fósforo y potasio superiores a los valores fijados por los expertos, mientras el nitrógeno, aunque en hacinamientos no tan visibles, también se encuentra presente por encima de lo recomendado en el anterior porcentaje de parcelas. De estos datos por encima de lo estipulado pueden extraerse explicaciones sobre el actual estado de contaminación de las aguas subterráneas. En diversos análisis de las aguas de los pozos, un 52% de estos

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

tienen concentraciones de nitratos superiores a 50 p.p.m y un 32% por encima de 100 p.p.m, dejando patente la necesidad de estudiar la política de aplicación de tales sustancias para evitar excesos y falta de los mismos en el futuro (Ibídem).

Dado que el siguiente documento se centrará en plantaciones totalmente desarrolladas, es decir, árboles adultos de más de 12 años, usaremos los datos asignados a tal edad. Ahora es necesario calcular el número total de árboles por hectárea para posteriormente multiplicar por este valor, obteniendo así la cantidad de nutriente necesario por hectárea.

Para realizar el cálculo de la cantidad de nitrógeno utilizada en Kg/hectárea, primero se realizará un cálculo aproximado sobre la cantidad de árboles que alberga cada plantación. Los patrones de plantación varían según la situación geográfica de la zona donde se encuentra, por ejemplo en las zonas del sur de España, este suele ser 6x4 m o 7x5 m para los naranjos y 7x6 m o 8x6 m para los pomelos [34]. Tales datos son similares a los aportados por el asesor agrícola, Francisco Gardiazabal, 6x4 o 6x3 m para naranjas, 6x2 o 6x3 para limoneros o 5x2 para mandarinos [35]. Dado que el cultivo de la naranja es el más extendido en la Comunidad Valenciana, se tomará su marco de plantación como general, es decir 6x4 m.

Fruto	Extensión dedicada al árbol
Naranja	6x4
Pomelo	7x6
Limonero	6x3
Mandarino	5x2

Tabla 4. Extensión de terreno dedicada a los cítricos por tipos [34, 35]

De la siguiente tabla se pueden extraer las cantidades, en gramos, de cada nutriente necesitadas por cada árbol según su edad al año. De esta información puede extraerse a simple vista que el nitrógeno es el elemento más crítico, por lo que el cálculo de la huella de agua gris girará en torno a él.

	Potasio, K (g)	Fósforo, P (g)	Nitrógeno, N (g)
Plantón (2 años)	2,8	0,7	5,1
Árbol en desarrollo (6 años)	87	15	142
Árbol adulto (12 años)	246	44	453

Tabla 5. Necesidades nutritivas anuales de los agrios [33].

Para calcular el número de árboles por hectárea se realizará un sencillo cálculo:

$$\text{Nº árboles/hectárea} = 10000 \text{ metros} / \text{marco de cultivo}$$

Ecuación 12. Número de árboles por hectárea.

Por lo que cada hectárea albergará 417 árboles aproximadamente. Por lo que el AR será igual a:

$$\text{AR} = 0,453 \times 417 = 188,901 \text{ kg /hectárea} \pm 189 \text{ kg/hectárea}$$

Ecuación 13. Aplicación de productos químicos por hectárea.

Dado que a la hora de aportar nutrientes, un porcentaje importante de estos no es asimilado por árbol y puede ser absorbido por el suelo sin darle opción a este a poder tomarlo, las

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

dosis anuales aportadas aumentan respecto a la calculada anteriormente. En la siguiente tabla pueden obtenerse las dosis anuales necesarias para árboles adultos con una edad superior a los 10 años.

Nitrógeno		Fósforo (P2O5)		Potasio (K2O)	
Gramos/árbol	Kg/hectárea	Gramos/árbol	Kg/hectárea	Gramos/árbol	Kg/hectárea
600-800	240-320	150-200	60-80	300-400	120-160

Tabla 6. Dosis anuales de abonado en los cítricos [33].

Dado que los valores oscilan entre 240 y 320 Kg/hectárea, se utilizará el valor medio de 280 Kg/hectárea.

En la siguiente tabla se pueden extraer los datos sobre la concentración máxima admitida a través de los niveles que alberguen las hojas de árboles de 4 a 7 años de edad en ramas que tengan frutos:

Elemento	Unidad	Rango		
		<i>Deficiente</i>	<i>Satisfactorio</i>	<i>Exceso</i>
Nitrógeno	% del peso seco	0,60 - 1,90	2,20 – 2,70	3,6
Fósforo	% del peso seco	0,7	0,12 – 0,18	0,3
Potasio	% del peso seco	0,15 – 0,30	1,00 – 1,70	2,00

Tabla 7. Rangos de los niveles de fertilizantes [36].

Corroborando todo lo anterior y demostrándose que el nitrógeno es el fertilizante que se usará como crítico ya que también es el que mayor porcentaje ocupa en el peso seco del árbol.

8.2.8. Factores de concentración: $C_{\text{máx}}$ y C_{nat}

El factor $C_{\text{máx}}$ (Kg/m^3) consiste en la máxima concentración que se permite dentro del ámbito legal sobre la toxicidad del nitrógeno, y C_{nat} (Kg/m^3) es la concentración media que se utiliza de este fertilizante.

Para calcular la concentración de nitrógeno en Kg/m^3 que se utilizara en el agua de riego, se obtendrá a través de la siguiente fórmula proporcionada por el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias [33]:

$$C_{\text{nat}} = \frac{[NO_3^-] \times 0,226 \times 0,7}{10^3} \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

Ecuación 14. Factor de concentración natural [33].

Donde cada término es lo siguiente:

- $[NO_3^-]$: concentración del ión nitrato, en ppm = mgr/l, que se encuentran en el agua de riego, para obtenerlo utilizaremos la siguiente tabla en la que se muestran los valores proporcionales de $[NO_3^-]$ en función de N Kg/hectárea.

$[NO_3^-]$	N (Kg/hectárea)
125	138
150	168
250	280

Tabla 8. Aportación de nitrógeno por el agua de riego.

- El $[NO_3^-]$ contiene un 22,6% de nitrógeno.
- 0,7: es un factor medio sobre las pérdidas que se producen a través de las instalaciones de riego.

Por otro lado el valor de la concentración admitida máxima de nitrógeno según el marco legal es 50 mg/l, o lo que es lo mismo $0,05 \text{ Kg/m}^3$, valores establecidos por la Unión

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Europea. El motivo de esta restricción es la consecuencia directa de la contaminación de los acuíferos, ríos y aguas subterráneas a través de la agricultura, teniendo esta la responsabilidad en un 68% de los casos, derivando esto una grave repercusión para la salud humana según un estudio de la Universidad de Oregón [37].

Una de las zonas de España más afectadas por esta problemática es la Comunidad Valenciana, en la que muchas de sus reservas de agua superan con creces los 50 mg/l permitidos (Íbidem).

8.3. Análisis de datos estadísticos

Una vez realizado el cálculo de la huella hídrica, se procede al análisis estadístico descriptivo para las tres provincias de la Comunidad Valenciana, en el cuál con los resultados obtenidos se realizarán los cálculos para obtener las correlaciones estadísticas con diversos parámetros sociales y económicos.

Los indicadores seleccionados para la comparación son el número de empleos relaciones con el sector agrícola y la evolución de la población en la CAV y sus provincias, así como la renta per cápita y el PIB, esta vez únicamente de la CAV.

Los datos utilizados serán obtenidos por un lado de la Fundación de las Cajas de Ahorro, [38] y del portal Datos Macros en el cuál pueden extraerse un amplio abanico de datos macroeconómicos [39].

Además, con el fin de verificar el resultado final de la Europa 2020 y el PAC se realiza una estimación del posible escenario en el año 2020, de cara a la posible extracción de conclusiones para delimitar si para tal fecha las evoluciones son positivas o de lo contrario no se llegan a cumplir las expectativas respecto a los planes de crecimiento y sostenibilidad pretendidos por la UE para su posterior análisis en el apartado de conclusiones.

9. Resultados

9.1. La explotación del agua en el mundo

Investigaciones recientes, ligadas al Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el 2014, reafirmaban “la alarmante situación y sus negativas consecuencias”, con datos que estimaban que el 20% de los acuíferos del planeta están sobreexplotados o previsiones sobre la demanda mundial de agua con un aumento del 55% para el 2050, siendo la industria, la generación de energía térmica, la agricultura y el uso doméstico sus principales responsables [7].

Analizando por partes, según tales fuentes, la agricultura utiliza el 11% de la superficie del planeta, mientras la agricultura de regadío emplea el 70% de total de extracciones de agua a escala mundial, dejando patente la inmensa necesidad de mejorar su eficiencia ya que a día con tales datos visibles, 870 millones de personas en el mundo, aproximadamente más del 10% de la población mundial, sufren desnutrición, sugiriendo un aumento del 60% de la producción de alimentos para satisfacer la demanda de toda la población. En cuanto a los asentamientos de la población, las ciudades albergan más del 50% de la población mundial mientras consumen el 80% de la energía que se produce, estando su producción muy ligada al consumo de agua.

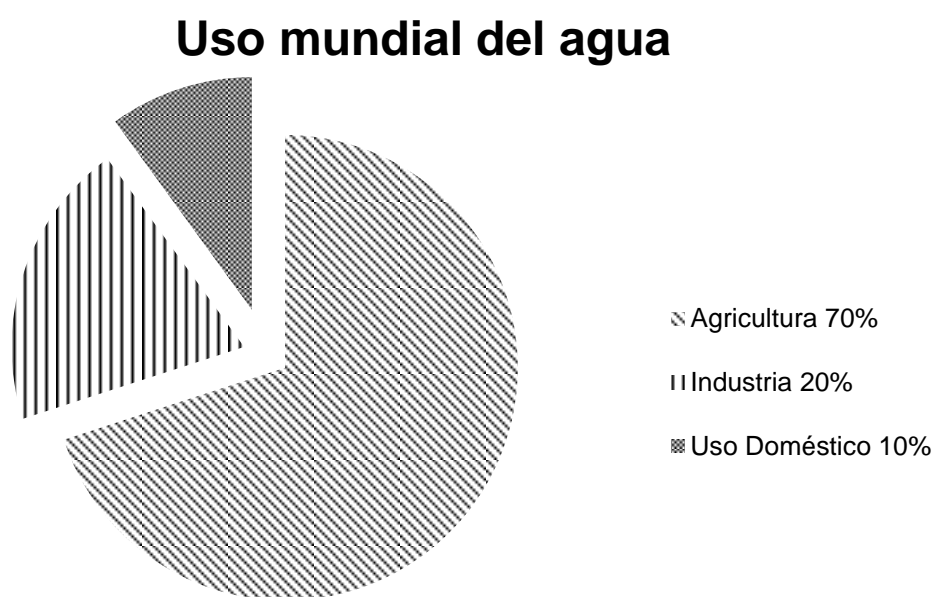


Gráfico 1. Uso mundial del agua [7].

Los datos que configuran el gráfico anterior, se basan en la información suministrada en el Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, los datos anteriores vuelven a confirmarse siendo esta vez la repartición de la siguiente manera, el uso doméstico ocupa un 8%, el sector que le corresponde a la industria un 22% y el reservado para el campo que compete a este proyecto, la agricultura, un 70% [7].

Posteriormente se podría realizar una subdivisión de tal uso en países avanzados y países en vía de desarrollo, ocupando en estos últimos la agricultura un espacio mayor, un 82% frente a un 10% en el uso industrial y un 8% lo dedicados al uso directo para satisfacer las necesidades básicas de las personas, mientras que en los avanzados es la industria el sector que toma la delantera con un 59%, el sector agrícola queda relegado a un 30% y el uso doméstico ocupa el 11%.

Por otro lado, una comparación con otras fuentes, como los datos suministrados por la compañía “Iagua”, afirmaban de otra manera tal distribución pero con resultados prácticamente similares, con un 67% para la agricultura, un 9% para los hogares y un 26% para los sectores relacionados con la industria [40].

En 1987, con la publicación del documento Nuestro Futuro en Común, o como se le suele llamar, Informe Brundtland, elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas, se puso en entredicho la complicada relación entre desarrollo sostenible con los modelos de producción y consumo humanos, resaltando la necesidad de reconfigurar las relaciones entre los seres humanos y el medio ambiente para poder satisfacer las necesidades actuales y que las generaciones futuras puedan también desarrollarse sin complicaciones. Tales hechos, afectan directamente tanto al medio ambiente como a las personas, ya que enfermedades mortales e infecciones están relacionadas directamente con la propia agua.

Según el Informe Brundtland, en la parte desarrollada bajo el título de “Conservar y reservar los recursos de base”, en el futuro es imprescindible una normativa agrícola que tenga en cuenta la gestión de los aspectos ambientales enfocados en el recurso natural del agua. Por ejemplo, promover la mejor utilización del agua y de los productos agroquímicos, el uso cada vez mayor del estiércol y de medios no químicos para combatir plagas, así como parásitos.

9.2. La explotación del agua en España

Según los datos de Water Footprint Network, España se encuentra en preocupante situación al albergar una de las mayores huellas en el mundo. Los cálculos sobre el suministro de agua urbana ascienden al 5% del agua total utilizada con un valor de 4,2 millones de euros. El sector industrial representa el 15% del uso total de agua, el 14% del Producto Interior Bruto, PIB, 123 millones de euros de euros, y el 16% de la población económicamente activa, 3,1 millones de empleos. Por último, el sector agrícola, teniendo en cuenta el consumo de la cosecha verde y azul, y el uso del agua del ganado, representa alrededor del 80% del uso total de agua, lo que contribuye con alrededor del 3% del PIB, 26 millones de euros, y emplea al 5% de la población económicamente activa, un millón de empleos [41].

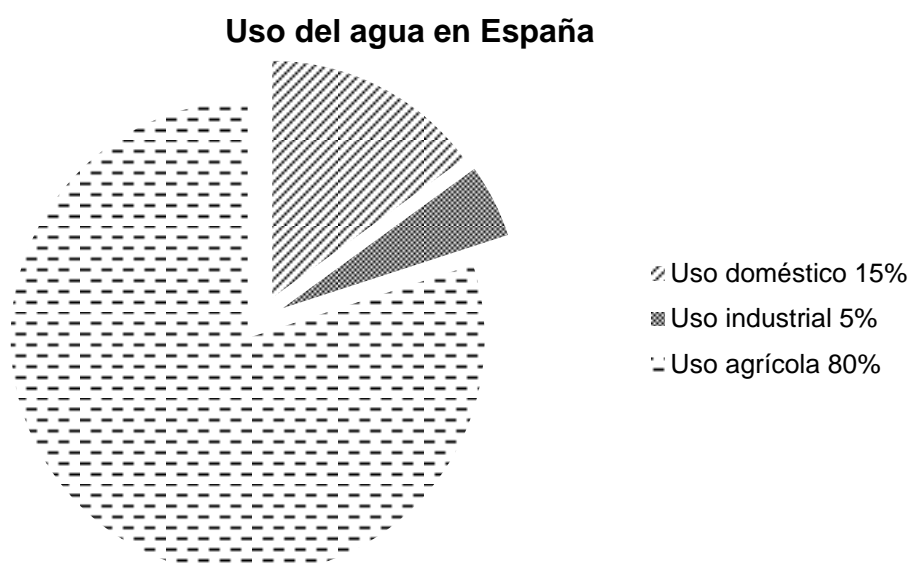


Gráfico 2. Uso del agua en España [42].

Estos datos reflejan que España, no es un país ajeno a tal problemática, al igual que en el resto del mundo la agricultura ocupa el primer puesto con gran diferencia el resto de los sectores, en cuanto a uso del agua se refiere. Si lo comparamos los resultados anteriores:

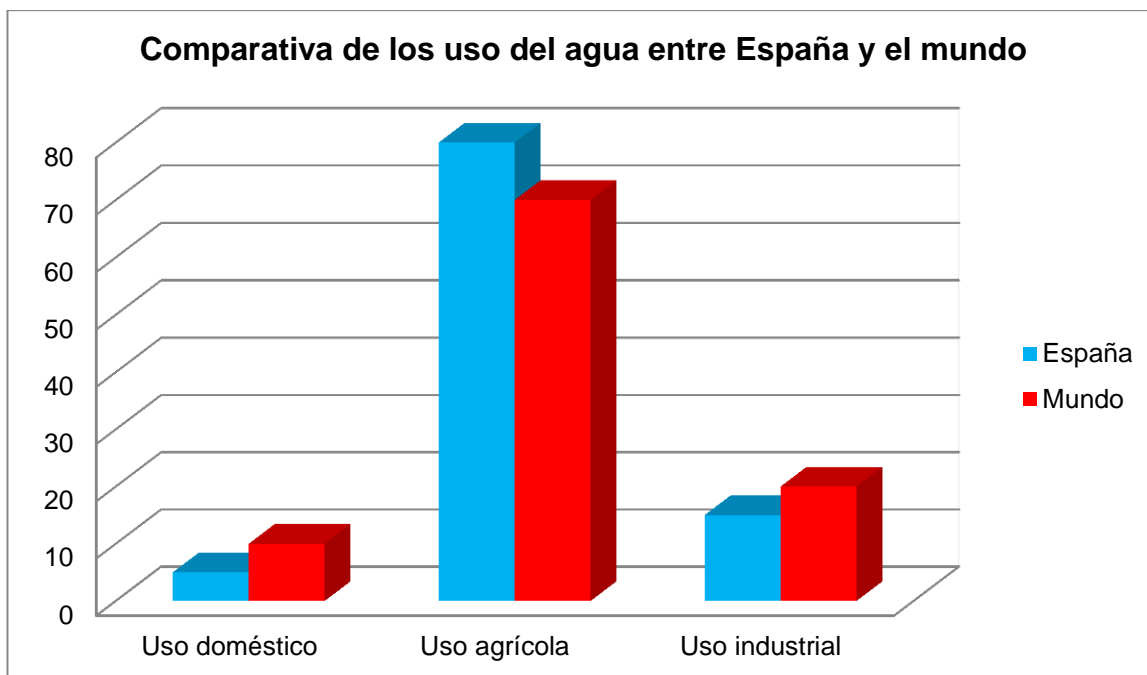


Gráfico 3. Comparativa de los usos del agua entre España y el mundo [42].

En este gráfico se puede observar lo detallado anteriormente sobre las similitudes entre los porcentajes del uso del agua por sectores, entre España y el resto del mundo. Siendo el sector agrícola en el cual más se necesita y emplea el recurso hídrico, además hay que añadir, por la situación geográfica del sur de España, el hándicap de ser el país más seco y árido de la Unión Europea [43].

La situación no es ajena a la opinión pública, según una encuesta del CIS mediante la pregunta *Problemas medioambientales que preocupan más personalmente*, la respuesta de la contaminación provocada por el hombre de los ríos, lagos y aguas subterráneas obtuvo el primer lugar con un 71.6% de 2471 personas entrevistadas. Otra respuesta relevante y relacionada con el tema, fue la acerca del uso de pesticidas y productos químicos en la agricultura con un 44.4%, prácticas que también tienen una relación directa sobre lo primero. Dejando patente que a pie de calle el agotamiento de los recursos naturales preocupa haciendo especial hincapié en el agua.

	TOTAL	Edad del entrevistado					
		De 18 a 24 años	De 25 a 34 años	De 35 a 44 años	De 45 a 54 años	De 55 a 64 años	65 y más años
El aumento de la temperatura de la Tierra	58,1	65,8	59,4	60,9	59,6	54,5	51,5
La contaminación provocada por el hombre de los ríos, lagos y aguas subterráneas	71,6	68,0	68,3	72,2	76,0	72,1	71,9
Los desastres naturales: terremotos, inundaciones, etc.	34,1	37,3	30,2	32,1	29,7	38,1	39,4
El agotamiento de los recursos naturales	50,3	52,2	57,7	51,7	51,1	49,5	41,1
El aumento de residuos	52,2	53,9	50,6	54,8	57,2	51,7	46,4
La pérdida de la biodiversidad: extinción de especies, pérdida de flora y fauna, etc.	37,7	50,4	44,8	39,1	38,7	32,5	26,7
El uso de pesticidas y productos químicos en la agricultura	44,4	38,2	40,2	44,8	52,0	46,7	43,1
La modificación genética de ciertos cultivos	21,7	21,1	25,4	22,1	24,5	25,1	13,8
Los problemas propios de las ciudades: atascos, contaminación, carencia de espacios verdes, etc.	30,0	28,9	32,3	30,0	30,2	30,7	27,9
El impacto de los medios de transporte actuales: coches, motocicletas, tráfico aéreo, etc.	23,7	27,6	26,7	25,0	21,9	20,4	21,6
Nuestros hábitos de consumo	23,1	23,7	28,1	29,2	22,3	18,0	15,8
El ruido	10,7	7,0	11,5	10,7	8,3	11,5	13,1
Otras respuestas	2,2	1,3	2,1	2,2	2,1	1,2	3,3
Ninguno	0,5	-	0,6	-	0,5	0,6	1,2
N.S.	3,0	1,8	0,8	1,4	1,2	4,3	7,6
N.C.	0,3	0,4	0,2	0,2	-	0,3	0,8
(N)	(2.472)	(228)	(480)	(507)	(421)	(323)	(513)

Tabla 9. Informe CIS sobre Problemas medioambientales que preocupan más personalmente [44].

De todo lo anterior podría obtenerse una mínima idea sobre la gran importancia que envuelve a los recursos hídricos, por lo que uno de los mayores desafíos en la sociedad actual, por no decir el mayor, es la búsqueda e implementación de leyes, modelos y hábitos que consigan parar el derroche y malgasto de los recursos hídricos. Según los datos del Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el 2014, una inversión promedio anual de 198.000 millones de dólares estadounidenses, durante los próximos 40 años, llevaría a cabo un uso más eficiente y responsable del agua, permitiendo un aumento de la producción agrícola, industrial y de biocombustibles. Aparte del ahorro económico y energético que supondría, un 40% y 10% respectivamente [7].

Por último cabe añadir este desglose del uso del agua en España en torno a sus diferentes usos y abastecimientos, realizado por el Instituto Nacional de Estadística en el año 2012, dividido por las diferentes Comunidades Autónomas que lo forman, del cual se pueden extraer datos de la Comunidad Autónoma Valenciana:

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Comunidades Autónomas	Volumen de agua (miles de metros cúbicos)				
	Adquirida y suministrada	Suministrada para usos agrícolas y ganaderos	Suministrada para otros usos industriales	Suministrada para abastecimiento urbano	Suministrada a otras unidades económicas
Andalucía	13.197	0	513	2.105	2.618
Aragón	427	38.630	26.240	20.872	85.742
Castilla y León	0	0	9	0	9
Castilla-La Mancha	0	48	0	90	138
Cataluña	550	564	626	64.247	65.437
Comunitat Valenciana	41.480	950	1.600	1.217	3.767
Extremadura	0	0	1.617	0	1.617
Murcia (Región de)	980	1.200	554	203	1.957
Navarra (Comunidad Foral de)	7.169	490	0	0	490
Rioja (La)	0	4	154	0	158
Resto de Comunidades Autónomas	278	0	0	346	346
ESPAÑA	64.081	41.886	31.313	89.080	162.279

Tabla 10. Agua suministrada para usos agrícolas, usos industriales y abastecimiento urbano en España y sus Comunidades Autónomas [44].

Otro dato de interés, proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística, es la evolución del consumo de agua medio que realiza cada hogar español, produciéndose un descenso progresivo desde el año 2005.

Comunidades Autónomas	Volumen de agua abastecida (litros/habitante/día)												
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Galicia	124	128	124	131	143	158	154	161	143	146	139	132	133
P. de Asturias	149	151	155	158	161	174	183	188	185	177	165	159	153
Cantabria	180	188	174	182	185	190	195	205	189	188	180	173	161
País Vasco	142	154	151	147	149	152	141	130	125	139	126	122	117
Navarra	150	159	147	148	152	147	137	131	126	131	135	128	135
La Rioja	180	186	143	140	136	144	149	151	152	151	131	122	123
Aragón	169	176	174	170	169	165	156	152	143	150	148	144	132
Cataluña	185	186	184	182	183	179	167	154	151	139	132	133	130
Baleares	133	129	124	127	130	146	143	153	136	139	127	121	124
Castilla y León	148	153	146	155	168	174	163	150	154	153	162	167	170
Madrid	176	176	171	166	166	174	163	150	150	144	145	140	141
Castilla-La Mancha	184	188	200	185	184	182	177	170	163	155	146	152	156
C. Valenciana	164	166	156	158	163	184	178	192	186	189	174	157	152
R. de Murcia	140	145	151	146	149	165	166	170	166	159	166	158	152
Extremadura	148	156	169	165	163	180	175	185	187	158	163	160	144
Andalucía	180	183	181	184	184	192	200	180	158	157	156	143	140
Canarias	135	139	135	134	135	151	150	144	154	157	141	149	150
Ceuta y Melilla	143	153	158	146	139	146	141	145	135	133	126	163	170
ESPAÑA	165	168	165	164	167	175	170	164	157	154	149	144	142

Tabla 11. Serie histórica de la distribución del agua en los hogares [44].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

9.3. El sector agrícola de España

Tras los puntos anteriores sobre la problemática del agua y sus consecuencias, se podría llegar a la conclusión de que el ahorro de la misma pasa por el sector agrícola. Por documento se centrará en el sector agrícola de España que como se puede leer más arriba alberga el 80% del consumo de agua, y los datos en comunidades autónomas, en concreto las situadas en el suroeste de la península, muestran que sufren tal disyuntiva dos veces, por posición geográfica y escasez del agua.

A través del siguiente gráfico proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística se puede ver la distribución del sector agrícola por tipo de cultivo en el año 2006.

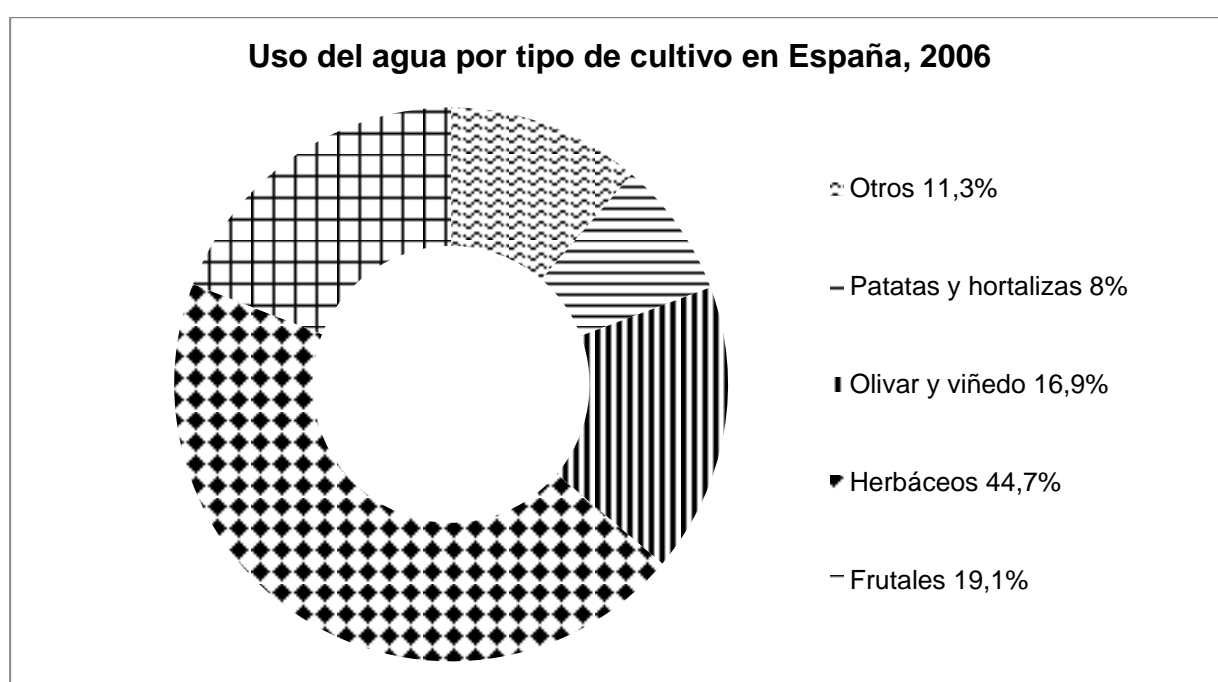


Gráfico 4. Uso del agua por tipo de cultivo en España, 2006 [44].

Centrándose en los cultivos de regadío debido a la necesidad de agua por parte de estos, en las siguientes tablas puede observarse, en la primera la superficie de regadío en relación con la superficie agraria utilizada, mientras en la segunda el uso de agua de regadío en relación con el total:

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

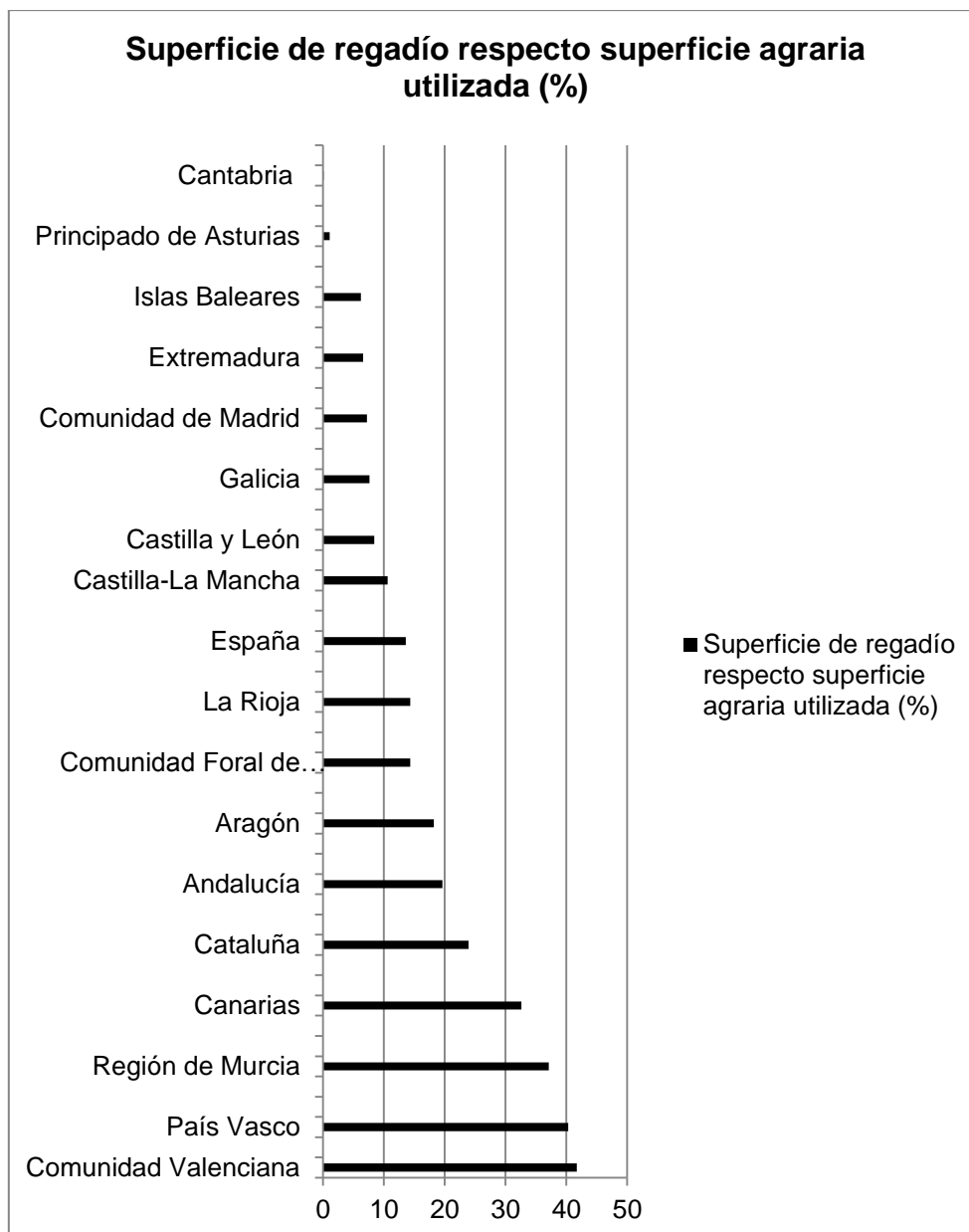


Gráfico 5. Superficie de regadío respecto superficie agraria utilizada [45].

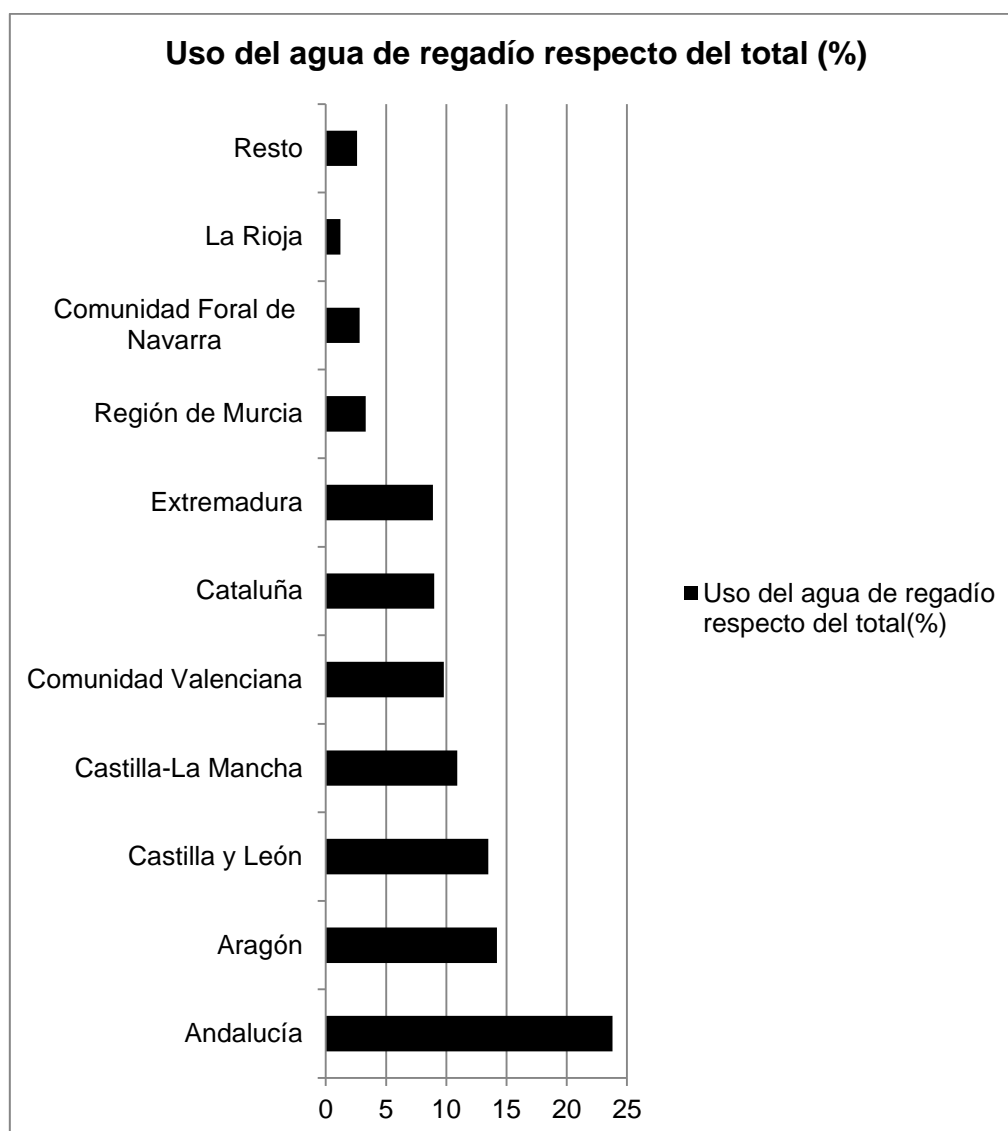


Gráfico 6. Uso del agua de regadío respecto del total [45].

Dado que el trabajo se centra en la Comunidad Valenciana, cabe destacar que esta región tiene la superficie agraria de regadío más alta respecto de su extensión total, mientras a su vez es de las regiones más secas de España encontrándose actualmente en una situación grave respecto al agua. La zona más crítica sería la provincia de Alicante con unas precipitaciones en los últimos años que podrían ser consideradas de muy secas a extremadamente secas, incluso tal sequía ha comenzado a producir severos daños sobre varias hectáreas de plantaciones [46]. Por otro lado esta comunidad emplea aproximadamente un 10% del agua de regadío total de España.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

9.4. Los cítricos en la Comunidad Valenciana.

La Comunidad Valenciana es reconocida en todo el mundo por el cultivo de cítricos, este tipo de cultivo no solo es el más extendido en tal región, sino que tal comunidad ostenta el primer puesto de producción respecto al resto de España.

En las siguientes tablas se muestran la producción y hectáreas empleadas para el cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana, así como en sus provincias desglosadas. Los datos han sido obtenidos de los informes agrarios desde el año 1990 a 2006 [19, 47], a excepción de los años 2000 y 2005 del cuál no se facilitan datos por parte del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente de España:

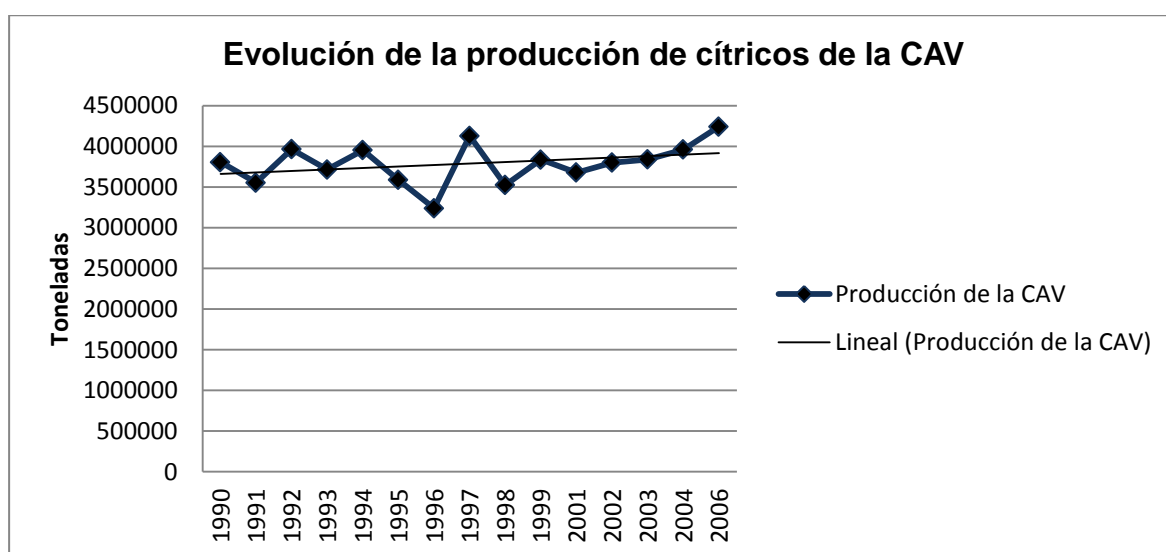


Gráfico 7. Evolución del cultivo de cítricos en la CAV [19, 47].

Como se puede observar en este gráfico la producción de cítricos en la CAV durante el período de años que compete al estudio que trata este proyecto, aparte de ser elevada como anteriormente se ha justificado, los valores de las producciones están comprendidos entre los 3,5 y 4 millones de toneladas, solo dos años en los que la producción estuvo fuera del intervalo, por un lado 1996 en el que no se alcanzaron los 3,5 millones y en 2006 en el que se superaron.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

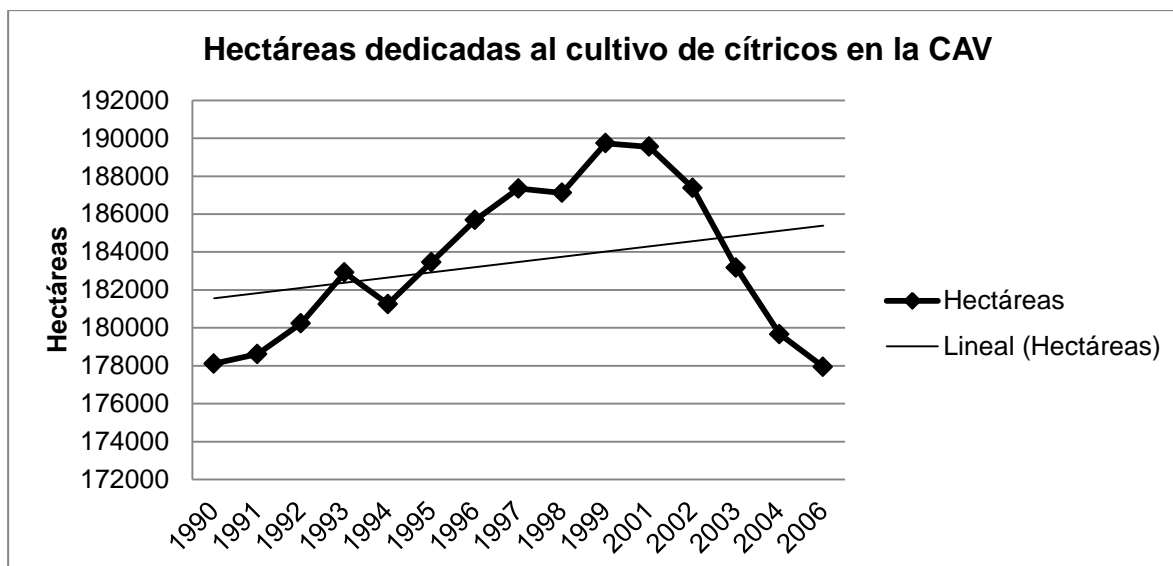


Gráfico 8. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en la CAV [19, 47].

Por otro lado sobre la extensión ocupada en hectáreas por los cultivos de cítricos podrían separarse dos tramos diferenciados, el primero sería entre 1990 y 2001 en el que la tendencia ascendente y elevada, partiendo de los 178000 ha hasta alcanzar las 190000 ha, mientras el segundo sería a partir del 2001 hacia delante en que cada año las ha dedicadas son mayores en el año anterior siguiendo esta evolución hasta alcanzar aproximadamente las 178000 ha del año 1990.

Se continúa ahora con la provincia de Castellón:

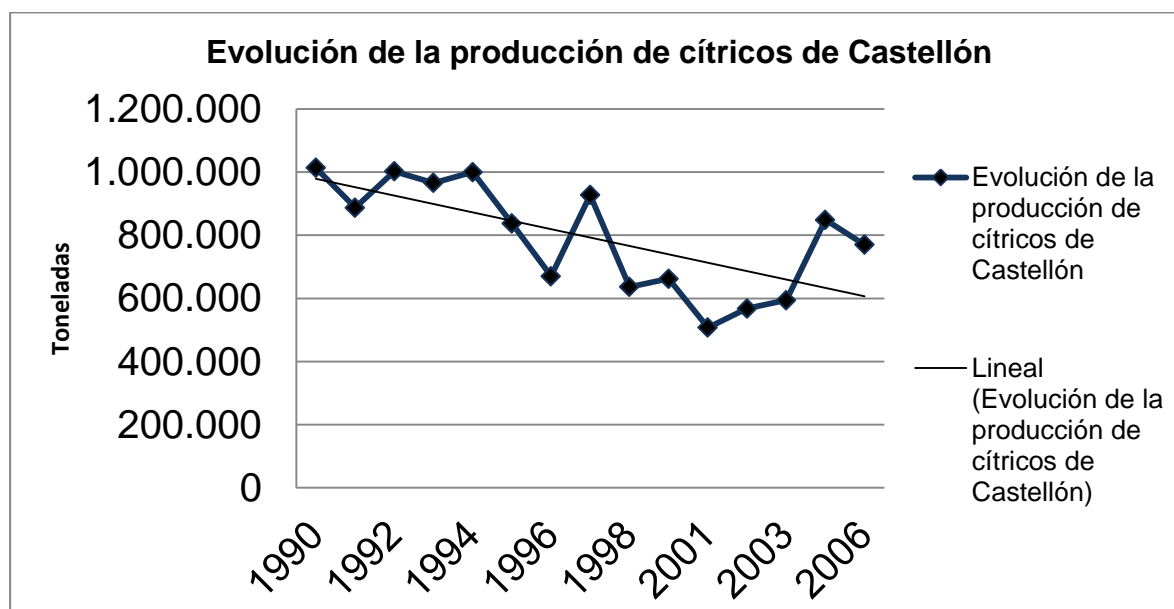


Gráfico 9. Evolución de la producción de cítricos en Castellón [19, 47].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En la provincia de Castellón se observa un descenso continuo en las toneladas de cítricos producidas, cabe citar una producción constante hasta el año 1995, fecha en la que comienza a experimentar la bajada salvo en 1997 con un pico en los valores iniciales.

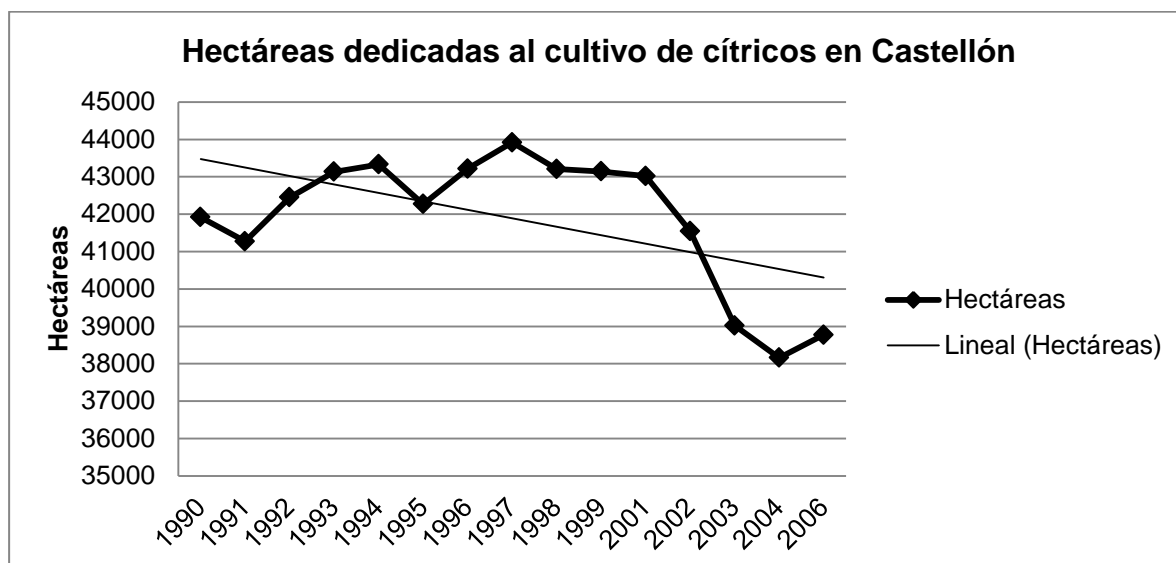


Gráfico 10. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en Castellón [19, 47].

En cuanto a las ha dedicadas al cultivo se experimentan dos tramos, el primero con una tendencia ligeramente ascendente hasta el año 1998 en el que obtiene el pico del período estudiado con la cifra de 44000. El segundo tramo sería partir de tal año volviendo a los valores iniciales y a partir del 2001 experimenta un descenso acelerado bajando hasta las 38000 ha dedicadas.

Se continúa con la provincia de Valencia:

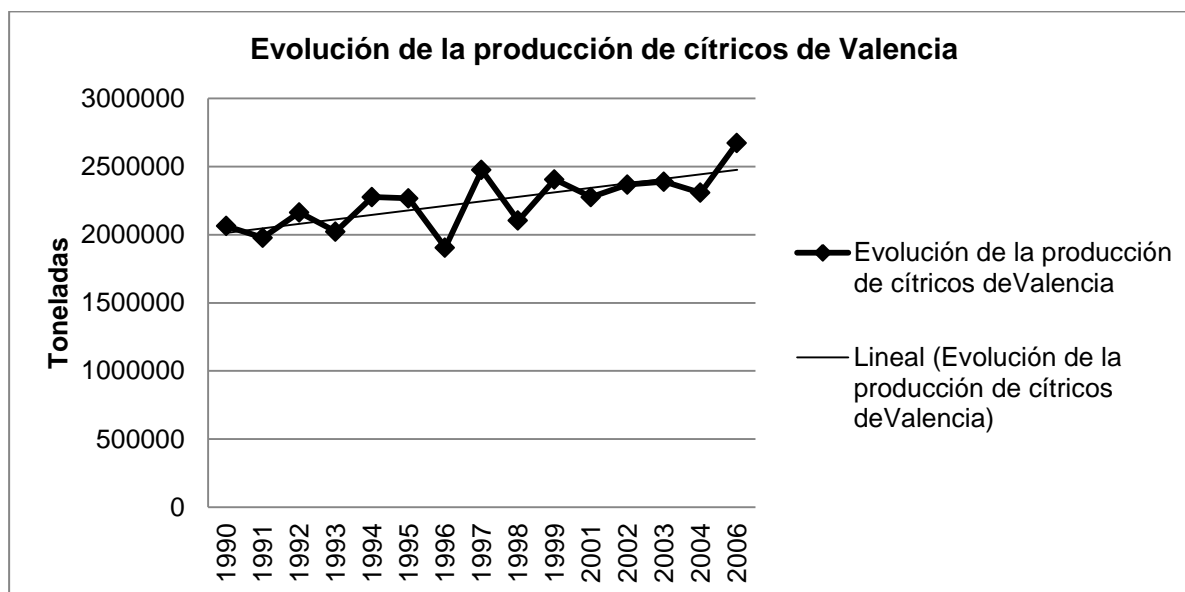


Gráfico 11. Evolución de la producción de cítricos de Valencia [19, 47].

En la provincia de Valencia es en la que se observa la producción más constante sin apenas saltos tanto para arriba como para abajo. El intervalo en el que se encuentran todos los puntos se encuentra entre 200000 y 250000 tn, salvo en el año 2006 que supera ligeramente el límite por arriba.

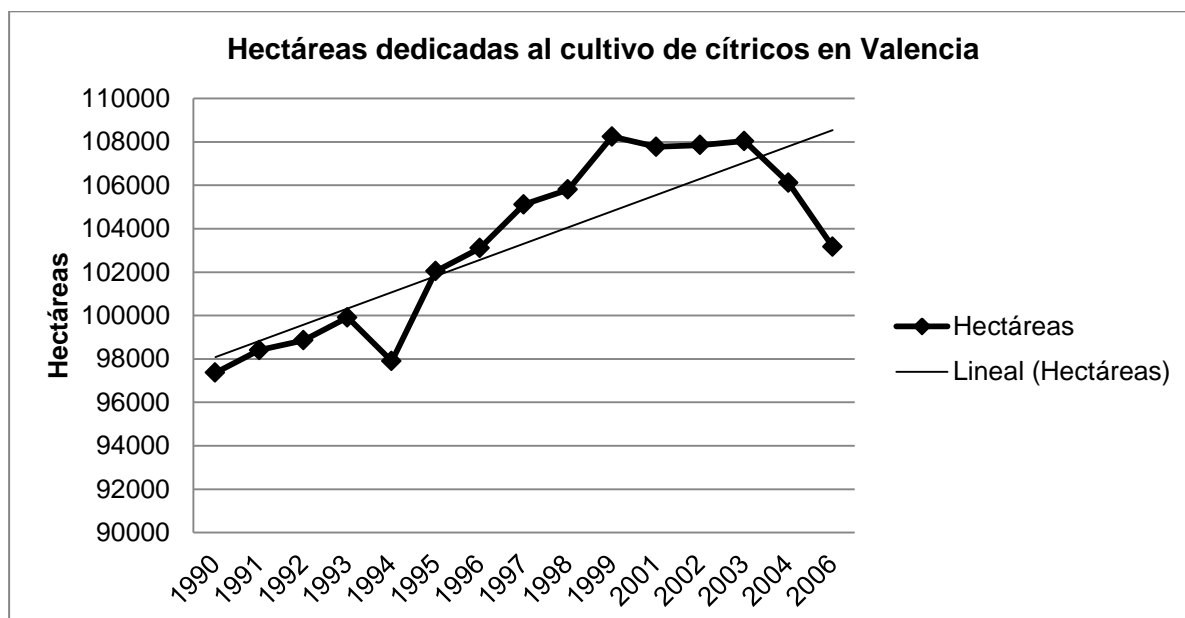


Gráfico 12. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en Valencia [19, 47].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En cuanto a las ha dedicadas al cultivo de cítricos experimenta una subida con pendiente elevada hasta el año 2000 alcanzando las 108000 ton, salvo un ligero retroceso en 1994 volviendo a las 98000 ton iniciales. A partir del 2004 sufre un descenso pero sin volver a la ocupación inicial a la que sigue superando de manera considerable quedándose en 103000 ton en el año 2006.

Finalmente se muestran los gráficos para la provincia de Alicante:

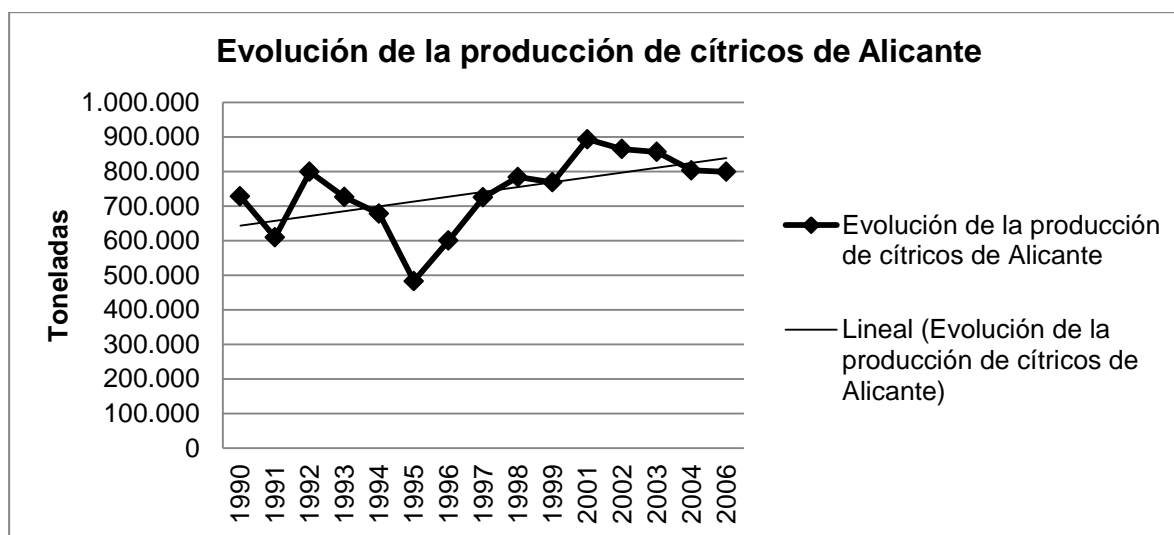


Gráfico 13. Evolución de la producción de cítricos de Alicante [19, 47].

En esta provincia la producción de cítricos es la más oscilante de la CAV. La tendencia general es ascendente con varios picos, destaca el año 1995 por abajo con una producción inferior a 500000 ton y el 2001 por arriba con una producción de 900000 ton.

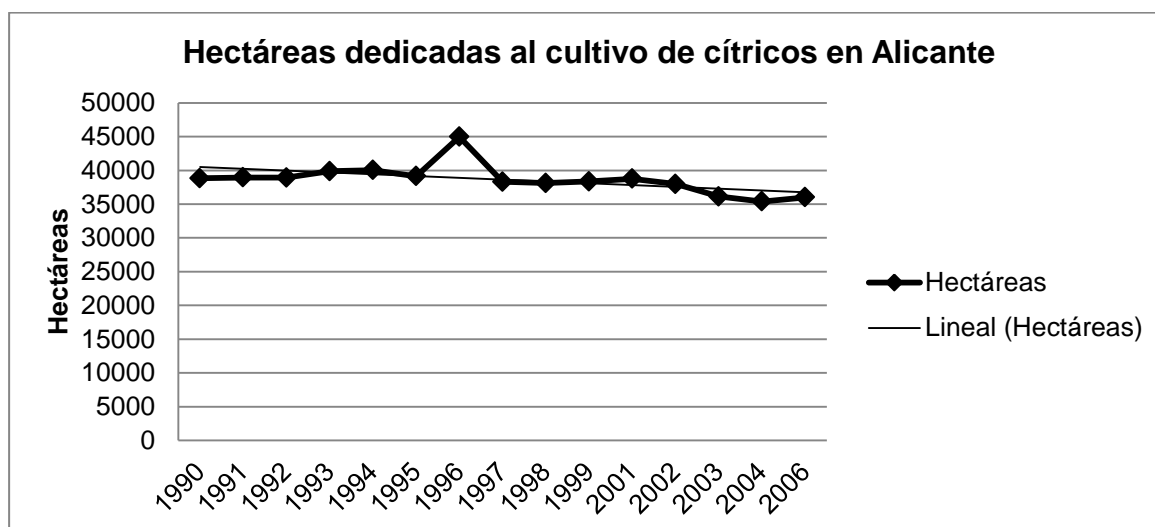


Gráfico 14. Evolución de las hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos en Alicante [19, 47].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Por otro lado las ha dedicadas al cultivo se mantienen prácticamente constantes todos los años. La tendencia es ligeramente descendente. Destaca sobre el resto el año 1996 con un pico de 45000 ha sobre las 40000 ha que tienen en común el resto de años hasta 2002 que desciende hasta las 30000 ha.

9.5. Resultado de la huella hídrica del cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana.

Sustituyendo los datos obtenidos en la metodología anterior expuesta obtenemos cada término de los necesarios para el cálculo de la huella hídrica. Primero se obtendrán los valores de las huellas hídricas de cada provincia para finalmente hallar la huella hídrica total de los cultivos de cítricos de la Comunidad Valenciana.

9.5.1. Cultivo utilizado, Y

El cultivo utilizado, Y, ha sido calculado para cada una de las provincias y para la CAV, tal y como se muestra en la tabla 12.

Y [toneladas/hectáreas]				
	CAV	Valencia	Castellón	Alicante
1990	21,36288964	21,19269956	24,1851949	18,74290497
1991	19,88904814	20,09766582	21,49955177	15,65034157
1992	21,99656018	21,884864	23,61048292	20,52053422
1993	20,30577925	20,24188044	22,39496928	18,20536812
1994	21,81104521	23,24614379	23,07366381	16,93459742
1995	19,55381009	22,21619105	19,80995529	12,33724168
1996	17,43843776	18,47380724	15,51556173	13,35573694
1997	22,02776636	23,54037805	21,11544767	18,92344835
1998	18,83134623	19,88189482	14,72941884	20,56517632
1999	20,21719469	22,22024519	15,34958275	20,03916558
2001	19,39744875	21,12227779	11,79655501	23,03732845
2002	20,27890383	21,94857816	13,67283668	22,76349323
2003	20,95510353	22,1047872	15,22357765	23,70807608
2004	22,0411989	21,74633673	22,24401876	22,70680835
2006	23,83682599	25,90627302	19,86710167	22,19686658

Tabla 12. Resultados del cultivo utilizado en la CAV y sus provincias.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

A continuación se muestran los gráficos que muestran las diferentes tendencias del coeficiente Y, dependiendo de la Comunidad Valenciana o si se trata de sus provincias.

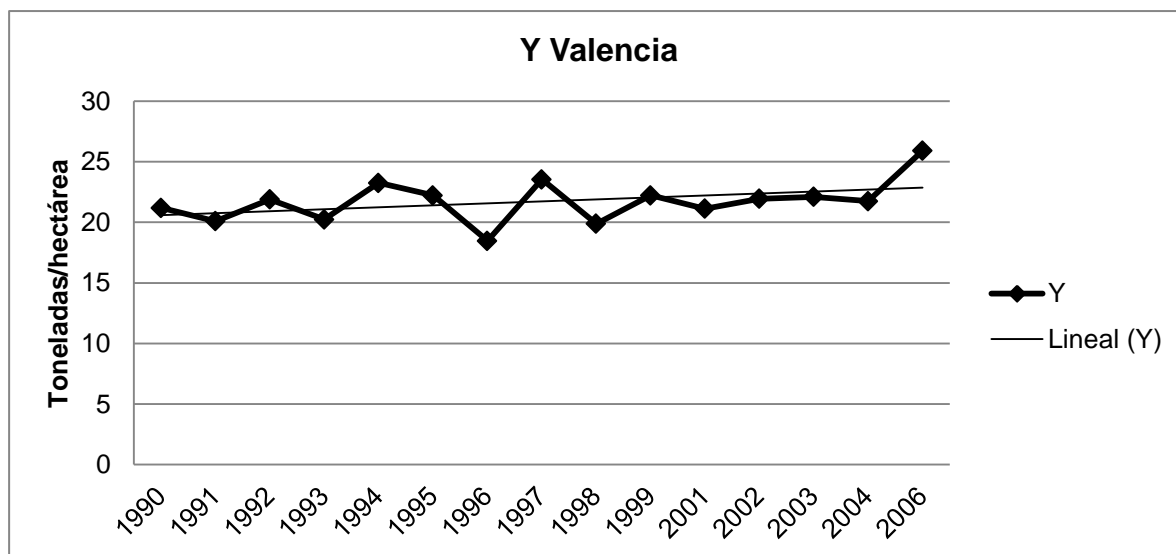


Gráfico 15. Evolución del cultivo utilizado en Valencia.

El cultivo utilizado, Y, de Valencia mantiene una tendencia ligeramente ascendente teniendo la mayor parte de los años un coeficiente con un valor de 21 tn/ha aproximadamente. Destacan el año 1996 con un valor inferior a 20 ton/ha y el año 2006 en el que supera las 25 ton/ha.

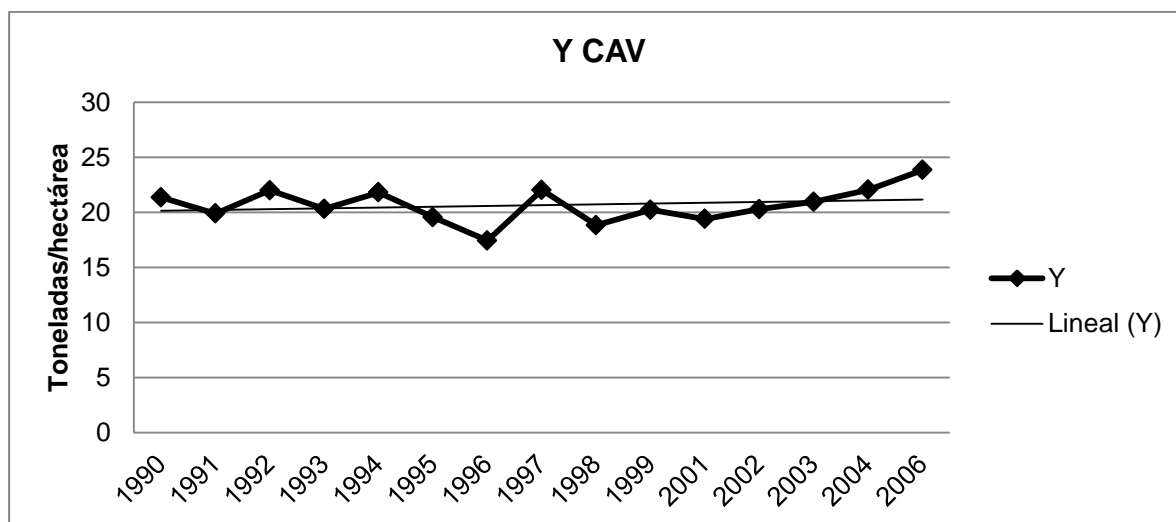


Gráfico 16. Evolución del cultivo utilizado en la CAV.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En la CAV, al igual que en la provincia de Valencia el cultivo utilizado se mantiene prácticamente constante, con una aún más ligera tendencia ascendente. Destacan los años 1996 dónde alcanza el pico mínimo con 17 ton/ha y el año 2006 donde alcanza un valor cercano a las 25 ton/ha.

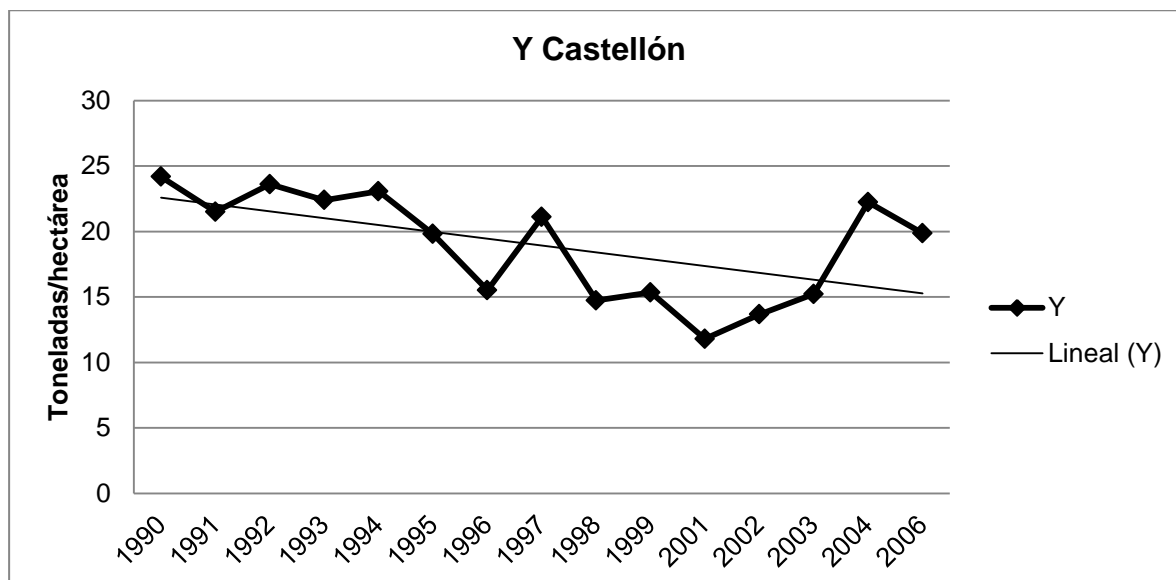


Gráfico 17. Evolución del cultivo utilizado en Castellón.

En la provincia de Castellón la tendencia es descendente prácticamente en todo el período de tiempo estudiado, salvo en el año 1997 que recupera un valor cercano a los iniciales en torno a 24 tn/ha. Cabe destacar también un ligero ascenso en 2001 a 2004 con una recuperación esta vez sí de los valores iniciales en el año 2005.

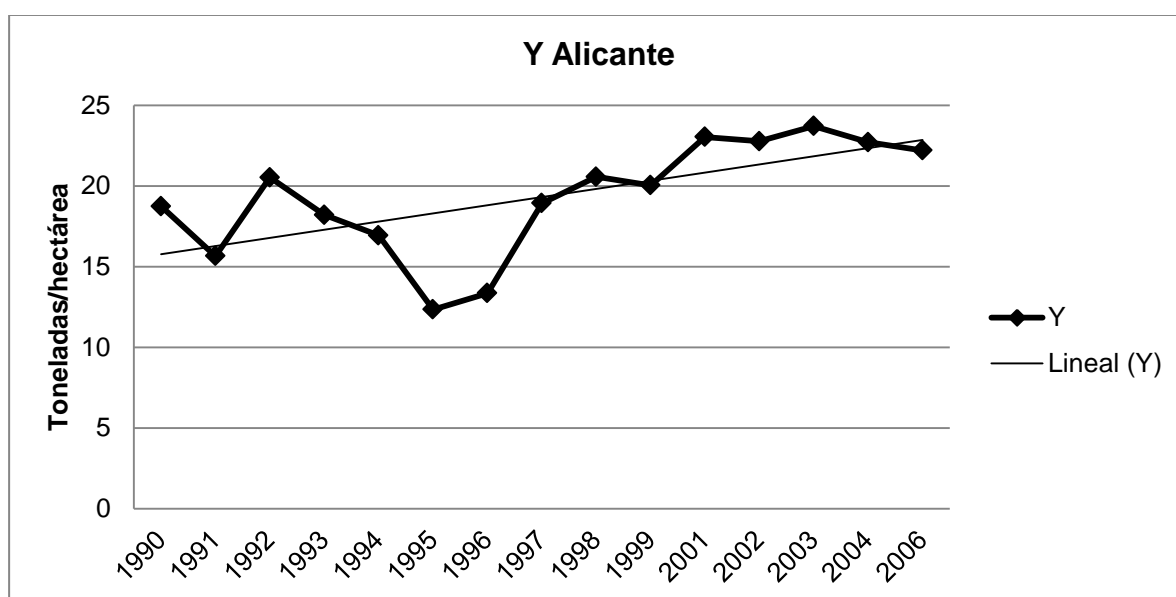


Gráfico 18. Evolución del cultivo utilizado en Alicante.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

A diferencia de Castellón, en la provincia de Alicante la tendencia es ascendente aunque tiene varios puntos oscilatorios. En 1992 comienza un descenso hasta los niveles más bajos en 1995 con apenas 12 ton/ha y en 1996 que se mantiene prácticamente en esta cifra. Será a partir de este año cuando comience a subir hasta las 23 ton/ha en 2003 manteniéndose constante hasta 2006.

9.5.2. Resultado del uso de agua verde y azul en el cultivo

En primer lugar, se muestra una tabla con los valores que corresponden a la evapotranspiración potencial de cada año, multiplicándola a continuación por el valor de 1.24 para adaptarla al método de Penman-Monteith, posteriormente por el coeficiente de Kc para aproximarla al cultivo de cítricos y finalmente se multiplica por diez para obtener los resultados en las unidades de mm.

Evapotranspiración				
	ETP (Thornthwaite) [mm]	Eto (Penman-Monteith) [mm]	Etr	*10 [m ³ /ha]
1990	903,15	1119,906	783,9342	7839,342
1991	895,41	1110,3084	777,21588	7772,1588
1992	890,76	1104,5424	773,17968	7731,7968
1993	944,91	1171,6884	820,18188	8201,8188
1994	919,44	1140,1056	798,07392	7980,7392
1995	891,82	1105,8568	774,09976	7740,9976
1996	903,55	1120,402	784,2814	7842,814
1997	916,59	1136,5716	795,60012	7956,0012
1998	935,68	1160,2432	812,17024	8121,7024
1999	933,52	1157,5648	810,29536	8102,9536
2001	896,43	1111,5732	778,10124	7781,0124
2002	935,23	1159,6852	811,77964	8117,7964
2003	884,82	1097,1768	768,02376	7680,2376
2004	939,47	1164,9428	815,45996	8154,5996
2006	898,46	1114,0904	779,86328	7798,6328

Tabla 13. Diferentes cálculos obtenidos a partir de la evapotranspiración potencial.

9.5.3. Resultado de la huella hídrica verde y azul

Debido a que se utiliza un dato medio anual de la evaporación por provincias, a la hora de calcular la huella de agua verde y de agua azul, se tomará un solo valor, ya que el cálculo comprende desde el día 1 al día 365 estando en ese intervalo los días que ha habido precipitaciones y los días que no las hubo.

Huella hídrica azul y verde [m ³ /tonelada]				
	CAV	Valencia	Castellón	Alicante
1990	366,9607497	369,90766	324,13805	418,25651
1991	390,7758052	386,71948	361,50329	496,61273
1992	351,5002681	353,29426	327,47305	376,78341
1993	403,9154912	405,19056	366,23488	450,5165
1994	365,903565	343,31454	345,88088	471,26832
1995	395,8818032	348,43946	390,763	627,44962
1996	449,7429247	424,53696	505,48051	587,22435
1997	361,1805695	337,97253	376,78582	420,43084
1998	431,2863405	408,4974	551,39327	394,92501
1999	400,7951511	364,66535	527,89406	404,35584
2001	401,1358659	368,37942	659,6004	337,75672
2002	400,3074558	369,85523	593,71706	356,6147
2003	366,5091698	347,4468	504,49623	323,95027
2004	369,9707823	374,98728	366,59741	359,12575
2006	327,1674175	301,0326	392,54004	351,33936

Tabla 14. Resultados de la huella hídrica azul y verde en la CAV y en sus provincias.

Se muestran a continuación gráficas de la evolución de la huella de agua hídrica en el período de tiempo estudiado.

En la provincia de Valencia:

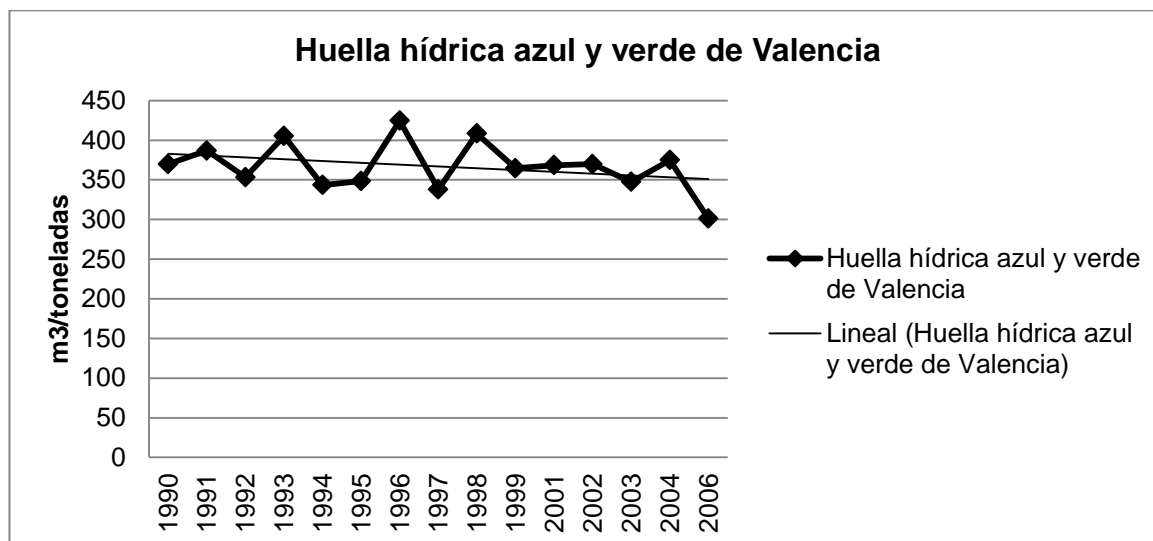


Gráfico 19. Evolución de la huella hídrica y azul en Valencia.

La huella hídrica azul y verde de Valencia se mantiene constante prácticamente durante todo el período de años estudiado, oscilando entre 400 y 350 m³/ton. Cabría destacar los años 1996 en el que supera los 400 m³/ton alcanzando casi 450 m³/ton y en año 2006 por abajo en el que llega a descender hasta los 300 m³/ton.

En la CAV:

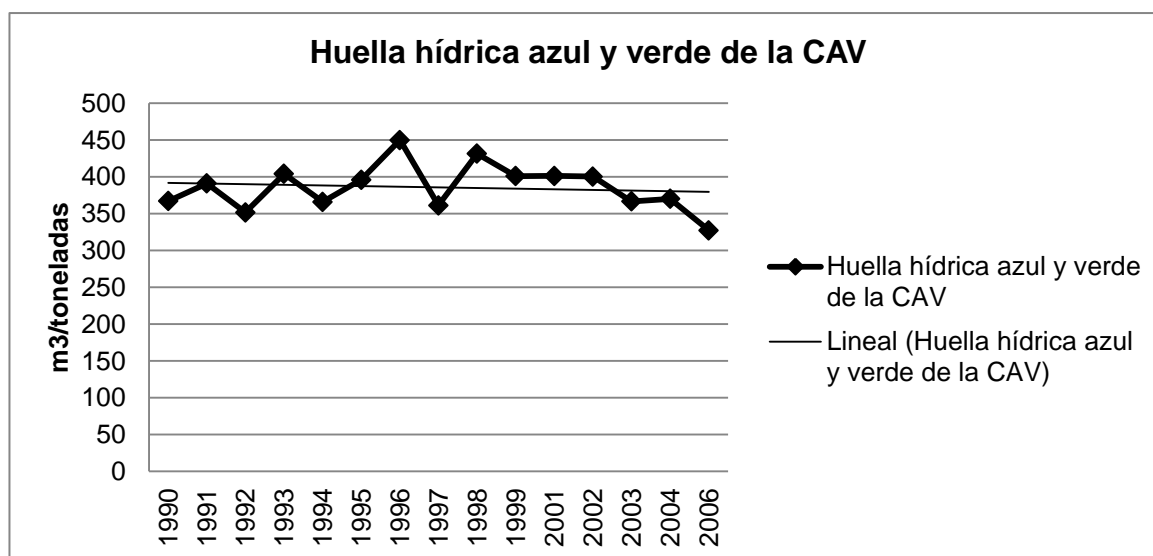


Gráfico 20. Evolución de la huella hídrica azul y verde en la CAV.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

El gráfico de la huella hídrica azul y verde de la CAV guarda cierta similitud con el de la provincia de Valencia en la situación de los diferentes picos, tanto por encima como por debajo de la media. Aún así, cabe decir, la existencia de diferencias en cuanto a los valores, siendo estos mayores en la CAV.

En la provincia de Castellón:

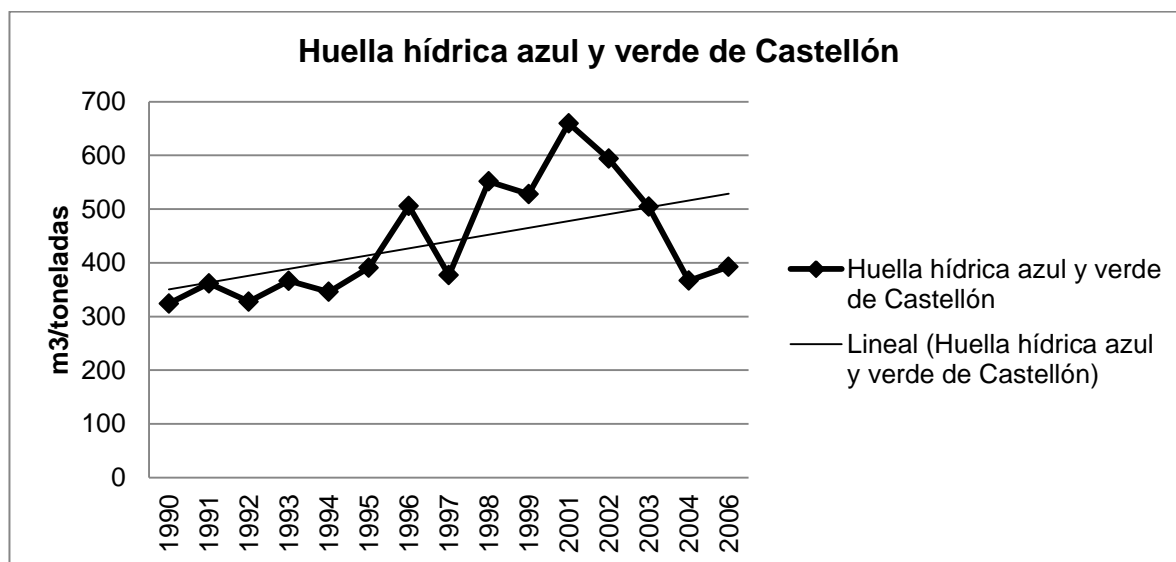


Gráfico 21. Evolución de la huella hídrica azul y verde en Castellón.

En este gráfico se pueden extraer dos períodos marcados, uno ascendente y otro descendente. El primero está comprendido entre 1990 hasta el año 2002, partiendo de 300 m³/ton iniciales hasta llegar a los 650 mm, cabe citar un descenso de 100 puntos entre el año 1996 y 1997. Por otro lado el segundo tramo, de 2002 hacia delante, se caracteriza por un descenso de los 650 m³/ton del año inicial del intervalo a 400 m³/ton del año 2006 que lo cierra.

Por último la provincia de alicante:

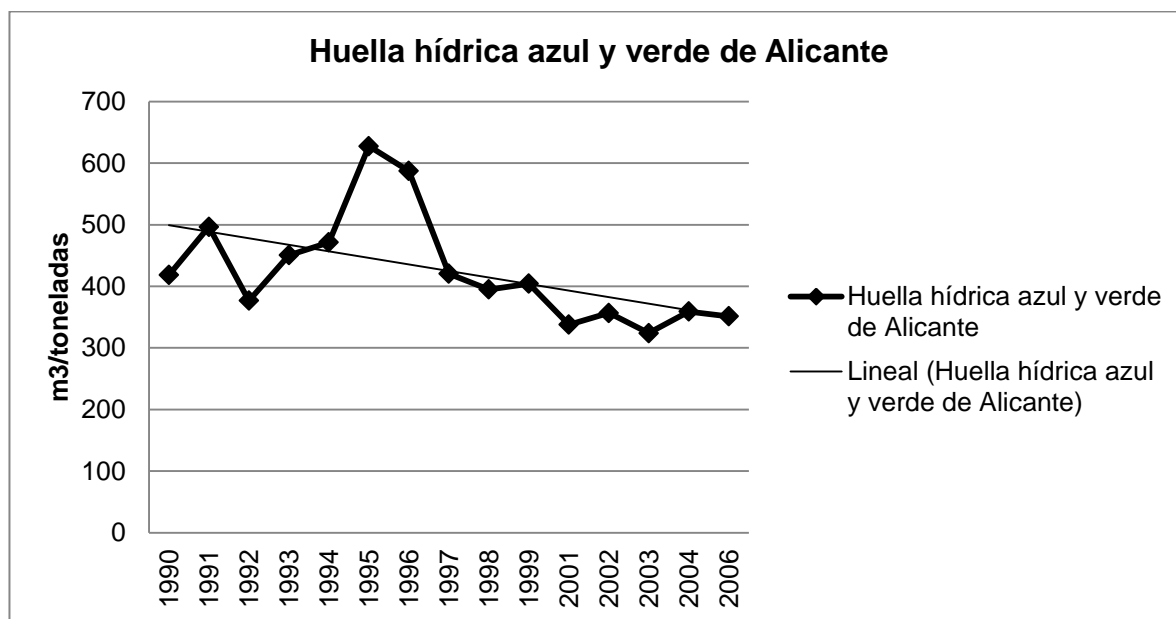


Gráfico 22. Evolución de la huella hídrica azul y verde en Alicante.

En este gráfico con tendencia descendente aunque no con una pendiente demasiado grande, destacan sobre el resto los valores alcanzados en los años 1995 y 1996 alcanzando la huella hídrica azul y verde en esta provincia los 600 m³/ton. A la izquierda de 1995 los puntos se encuentran situados en un intervalo entre los extremos de 400 y 500 m³/ton. A la derecha de 1996, los puntos se encuentran ahora en un intervalo menor siendo los extremos 400 y 300 m³/ton.

9.5.4. Resultado de la huella hídrica gris

A continuación se muestran las tablas de las que se puede extraer la información necesaria para obtener los valores de los parámetros para calcular la huella hídrica gris desglosada por provincias y finalmente de la CAV.

9.5.4.1. AR

Para el caso de aplicación de productos químicos por hectárea, denominado AR:

Aplicación productos químicos por hectárea				
	Valencia	Alicante	Castellón	CAV
AR (Kg/hectárea)	280	280	280	280

Tabla 15. Aplicación de los productos químicos por hectárea.

9.5.4.2. Fracción de lavado

Para obtener el valor de la fracción de lavado de la CAV se ha procedido a realizar la media de los valores obtenidos en cada una de las provincias que la forman.

Fracción de lavado				
	Valencia	Alicante	Castellón	CAV
CE h20	1,3	1,3	1,3	
Max CEe h20	5	12	8	
2·Max CEe h20	10	24	16	
α (Fracción de lavado)	0,13	0,0541667	0,08125	0,088472222

Tabla 16. Resultados obtenidos en los cálculos de la fracción de lavado.

9.5.4.3. Concentraciones de nitrógeno

Las concentraciones de nitrógeno calculadas se expresan en la siguiente tabla:

Concentraciones de nitrógeno				
	Valencia	Alicante	Castellón	CAV
[NO₃]	280	280	280	280
Cnat	0,044296	0,044296	0,044296	0,044296
Cmáx	0,05	0,05	0,05	0,05
Cmás-Cnat	0,005704	0,005704	0,005704	0,005704

Tabla 17. Concentraciones de nitrógeno.

9.5.4.4. Resultado del cálculo de la huella del agua gris

Tras realizar el procedimiento detallado anteriormente mediante los datos recopilados, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Huella de agua gris				
	Valencia	Alicante	Castellón	CAV
1990	301,1172153	109,941342	212,7967452	203,2944177
1991	317,5237729	123,674801	254,8461422	218,3591784
1992	291,5936182	112,617467	194,3628333	197,437971
1993	315,2615537	118,729914	219,0798421	213,8778402
1994	274,5180764	115,237563	235,5195742	199,1172898
1995	287,2448594	134,223058	323,2837028	222,1028121
1996	345,4343002	171,373285	298,6304081	249,0450274
1997	271,0868391	125,924528	210,7665104	197,1582656
1998	320,9697432	180,51987	193,9409179	230,6237779
1999	287,1924509	173,226388	199,031699	214,8149769
2001	302,1211414	225,400787	173,1289798	223,8931659
2002	290,7471559	194,469724	175,2116484	214,1612903
2003	288,6925179	174,660178	168,2308239	207,2505251
2004	293,4511111	119,535629	175,6490437	197,0381117
2006	246,3297855	133,836975	179,6843333	182,1952391

Tabla 18. Resultados del cálculo de agua gris.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

A continuación, se muestra la tendencia de la huella de agua gris, se comienza por la provincia de Valencia:

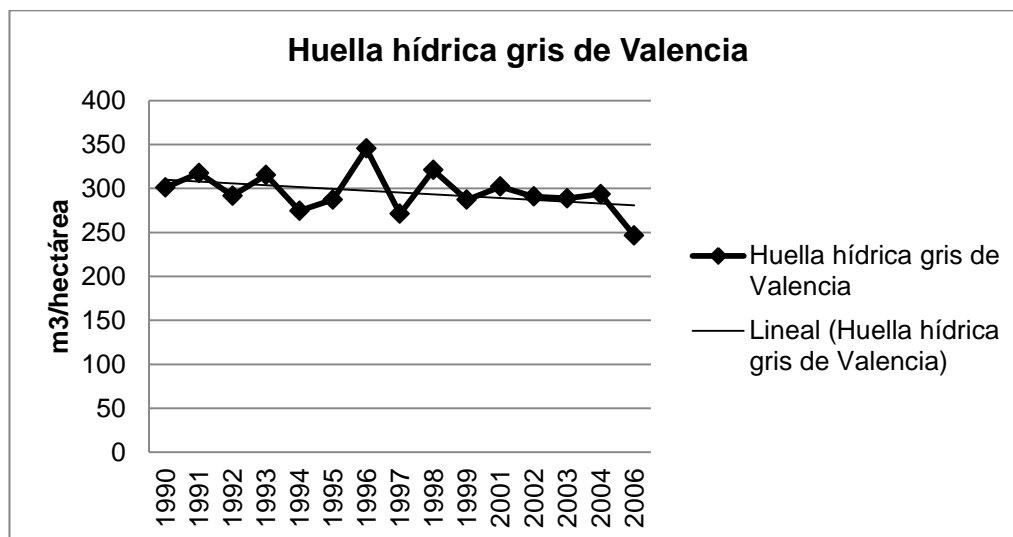


Gráfico 23. Evolución de la huella hídrica gris de Valencia.

La huella hídrica gris obtenida en Valencia mantiene una tendencia hacia abajo sin contar con una pendiente apenas marcada. Los valores se mantienen prácticamente constantes en torno a los 300 m³/ton salvo el año 1996 que alcanza los 350 m³/ton y en el año 2006, el año que cierra el período que comprende el estudio desciende hasta los 250 m³/ton.

En la provincia de Alicante:

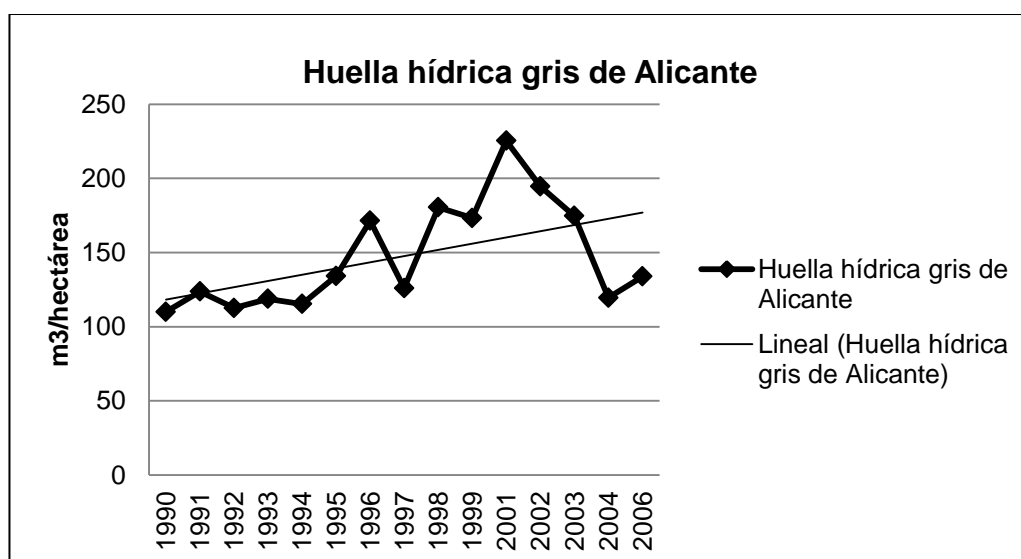


Gráfico 24. Evolución de la huella hídrica gris de Alicante.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En la provincia de Alicante la pendiente es grande y la tendencia es ascendente. Cabe destacar tres períodos marcados, el primero sería entre 1990-1995 en el que la huella hídrica gris sería prácticamente constante en torno a 125 m³/ton, entre 1996 y 2001 la evolución sería creciente de manera marcada salvo en el año 1997 que retrocede a los valores del primer período. Por último el tercer tramo sería a partir de 2001 donde de nuevo con una pendiente marcada pero con una evolución descendente se vuelve a llegar a los 125 m³/ton.

En la provincia de Castellón:

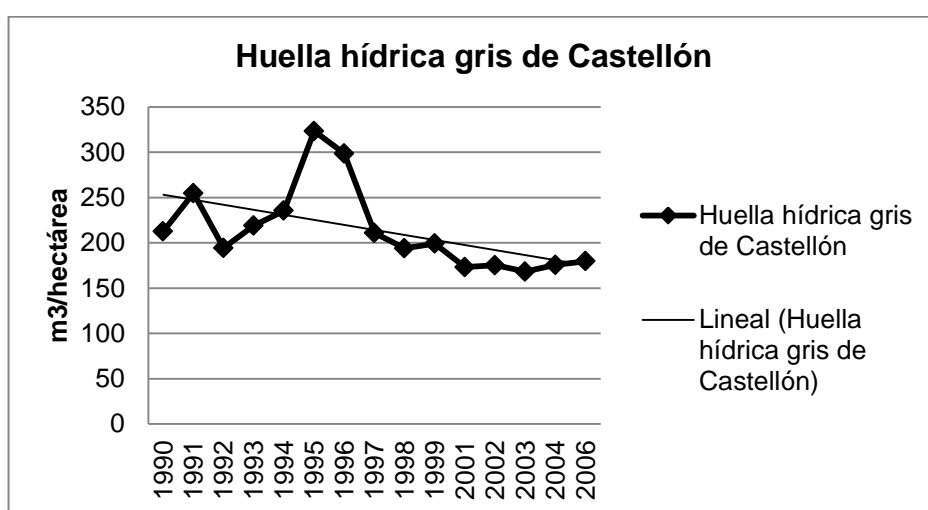


Gráfico 25. Evolución de la huella hídrica gris de Castellón.

La evolución es descendente con una pendiente media. La mayoría de los puntos se encuentran por debajo o un poco por encima de los 200 m³/ton. Destacan los años 1996 y 1997 donde se alcanzan los 300 m³/ton en incluso se supera levemente en el primer año de los dos.

Por último en la CAV:

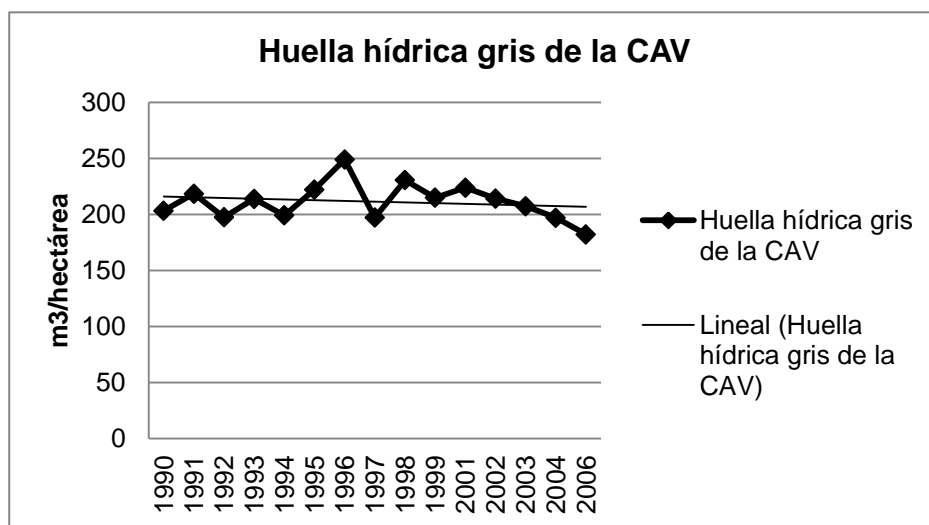


Gráfico 26. Evolución de la huella hídrica gris en la CAV.

Mantiene una tendencia prácticamente constante con una pendiente negativa muy pequeña. La mayoría de los valores obtenidos apenas superan los 220 m³/ton, pudiendo destacar entre ellos el año 1996 llegando a los 250 m³/ton y el 2006 en el que se representa el punto más bajo con 175 m³/ton aproximadamente.

9.5.5. Resultado de la huella hídrica total

Tras realizar todos los cálculos detallados anteriormente, se obtienen los resultados finales de la huella hídrica total desglosada por provincias y por último el total para la CAV.

Huella Hídrica total				
	Valencia	Alicante	Castellón	CAV
1990	671,0248798	528,1978508	536,9348	570,2551674
1991	704,2432492	620,2875275	616,34944	609,1349836
1992	644,8878768	489,4008741	521,83588	548,938239
1993	720,4521103	569,2464183	585,31472	617,7933314
1994	617,832618	586,5058784	581,40046	565,0208548
1995	635,6843188	761,672678	714,0467	617,9846153
1996	769,9712622	758,5976393	804,11091	698,7879521
1997	609,0593722	546,3553635	587,55233	558,3388351
1998	729,4671461	575,4448773	745,33419	661,9101184
1999	651,8578059	577,5822267	726,92576	615,610128
2001	670,5005594	563,1575028	832,72938	625,0290318
2002	660,6023849	551,0844283	768,92871	614,4687461
2003	636,1393189	498,6104459	672,72706	573,7596949
2004	668,4383884	478,6613802	542,24645	567,008894
2006	547,3623885	485,1763302	572,22437	509,3626566

Tabla 19. Resultado del cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la CAV y sus provincias.

Una vez obtenidos los resultados anteriores, se muestra la evolución de la huella hídrica total en la CAV y en sus respectivas provincias en los siguientes gráficos.

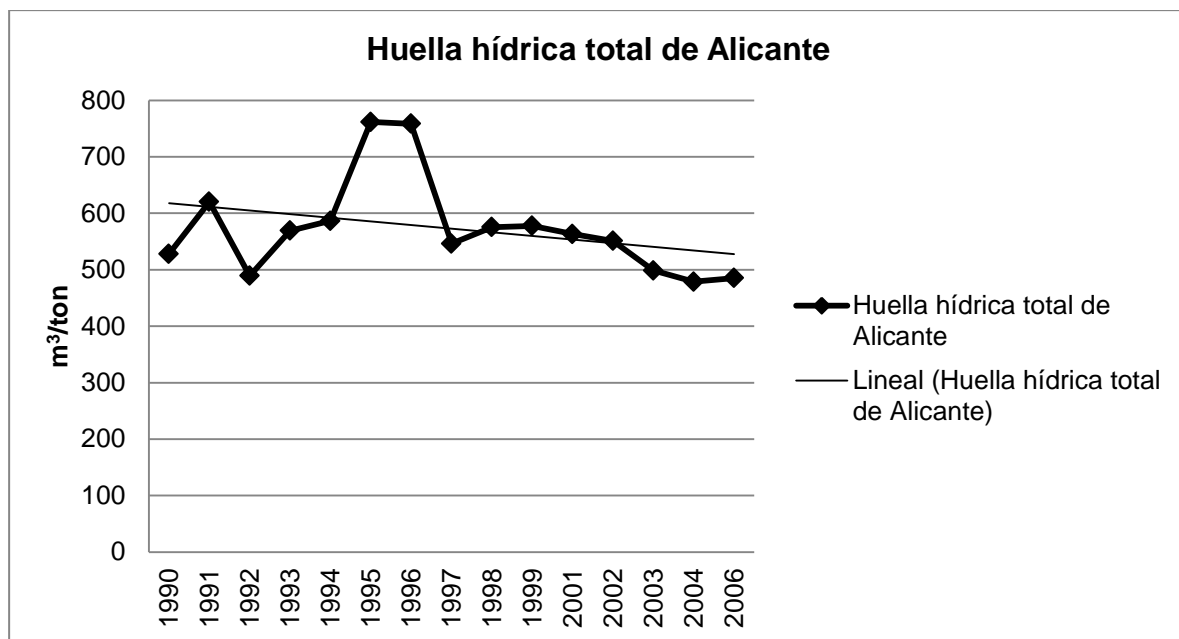


Gráfico 27. Evolución de la huella hídrica en Alicante.

La huella hídrica total estudiada en la provincia de Alicante muestra una evolución descendente aunque no tiene una pendiente muy fuerte. Cabe destacar los años 1995 y 1996 donde se han obtenidos dos picos prácticamente iguales y con más de 100 m³/ton por encima del resto de años comprendidos en el período estudiado.

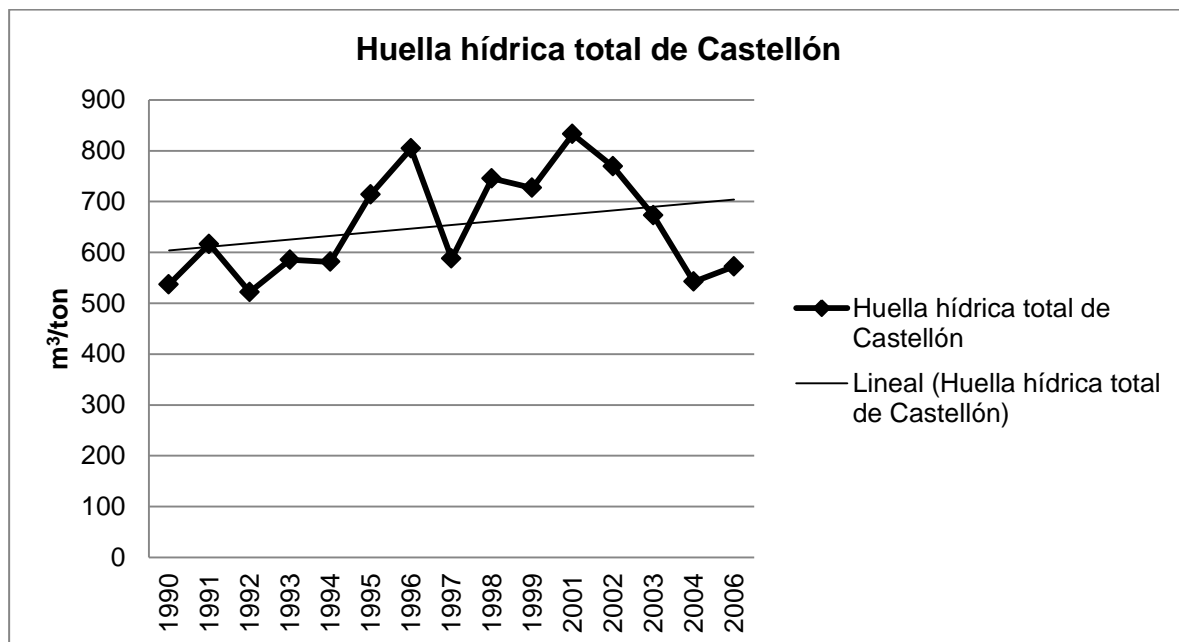


Gráfico 28. Evolución de la huella hídrica total en Castellón.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

La tendencia para esta provincia es ascendente, destacan los puntos comprendidos entre 1996 y 2002, años que salvo 1997 superan los 700 m³/ton. El resto de año se encuentra por debajo de los 600 m³/ton.

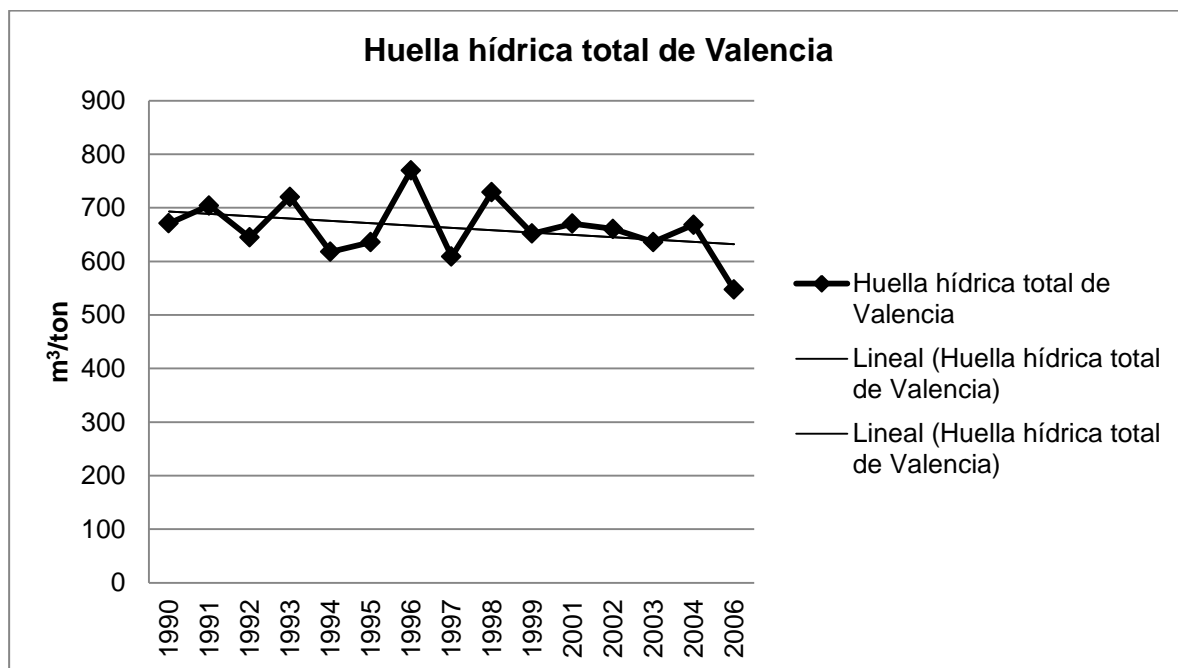


Gráfico 29. Evolución de la huella hídrica total en Valencia.

Los puntos obtenidos en la huella hídrica total de la provincia de Valencia se mantienen en un intervalo más pequeño respecto a las anteriores provincias, entre 600 y 700 m³/ton. La tendencia es descendente con una pendiente no muy marcada. Destaca el año 2006 siendo el que posee el valor más pequeño estando por debajo de los 600 m³/ton, por otro lado el pico se encuentra en 1997 rozando los 800 m³/ton.

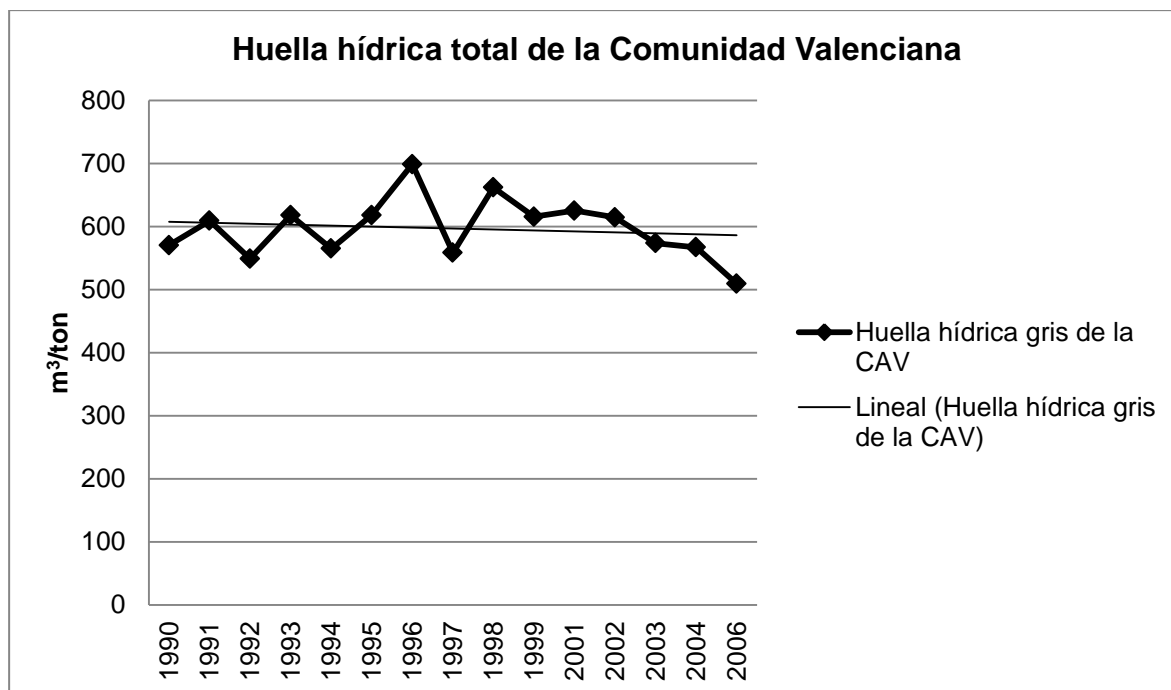


Gráfico 30. Evolución de la huella hídrica total en la CAV.

En la Comunidad Valenciana la huella hídrica total mantiene una tendencia prácticamente constante, en torno a los 600 m³/ton aunque experimenta una ligera bajada a partir del año 1996. Su punto máximo lo alcanza ese mismo año con 700 m³/ton, cabe destacar que la bajada mencionada anteriormente, se confirma con el valor registrado en 2006 con 500 m³/ton.

A continuación se muestra una tabla que contiene los valores de los coeficientes de correlación entre las diferentes provincias, de la que se puede extraer la apenas relación existente de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos entre las diferentes provincias que forman la CAV.

Coef. Correlación de la huella hídrica total entre provincias

	Alicante	Valencia	Castellón
Alicante	1	0,458157682	0,534305673
Valencia	0,458157682	1	0,4035868
Castellón	0,534305673	0,4035868	1

Tabla 20. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total entre las provincias de la CAV.

Como se puede observar y se comentaba anteriormente, existe una correlación baja de la huella hídrica total entre las provincias de la CAV. Cabe decir que la correlación mayor se guarda entre Castellón y Alicante superando el 0,5 y la menor se sitúa entre Valencia y Castellón donde apenas se superan las cuatro décimas.

6.5.5.1. Relación directa entre la huella hídrica total con el coeficiente Y

En las gráficas que a continuación se muestran se puede obtener mediante su análisis la siguiente conclusión, cuando mayor sea el coeficiente Y, es decir, a mayor cantidad de toneladas de fruta obtenidas por hectárea dedicada a su cultivo, menor son los metros cúbicos de agua empleados en esa extensión de terreno.

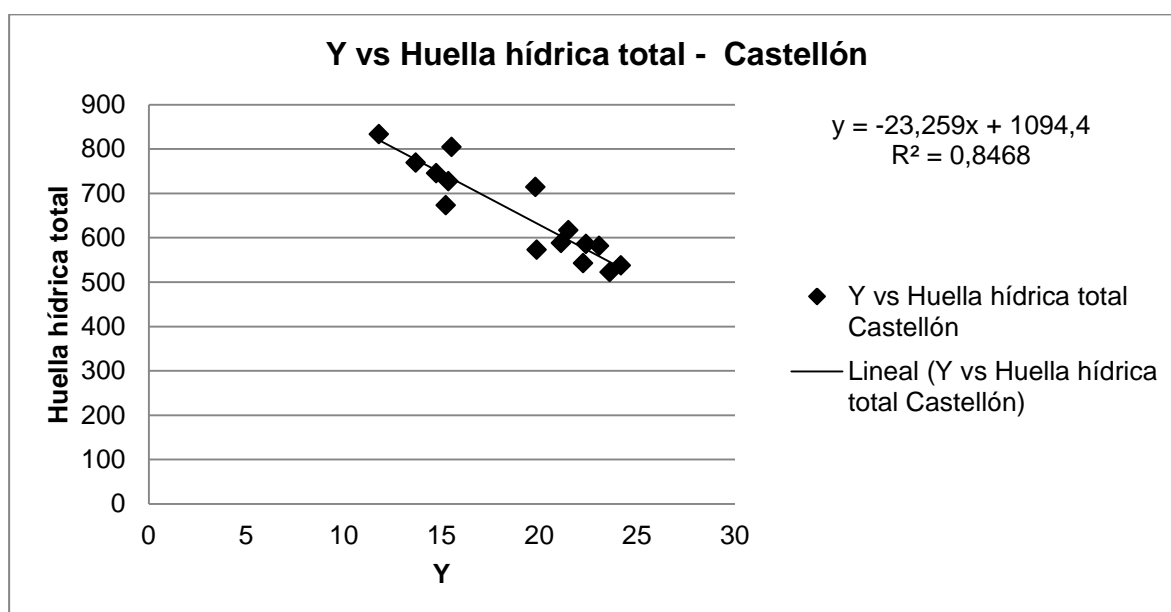


Gráfico 31. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo de cítricos en Castellón.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En este gráfico se confirma lo anteriormente detallado al comienzo del epígrafe, al igual que ocurrirá en resto de provincias y la misma CAV. En la provincia de Castellón el punto de máximo de la huella hídrica total supera los 800 m³/ton coincidiendo con un Y de 13,5 ton/ha. Por otro lado el valor mínimo de la huella hídrica total es mínimamente superior a los 500 m³/ton coincidiendo con 25 ton/ha aproximadamente.

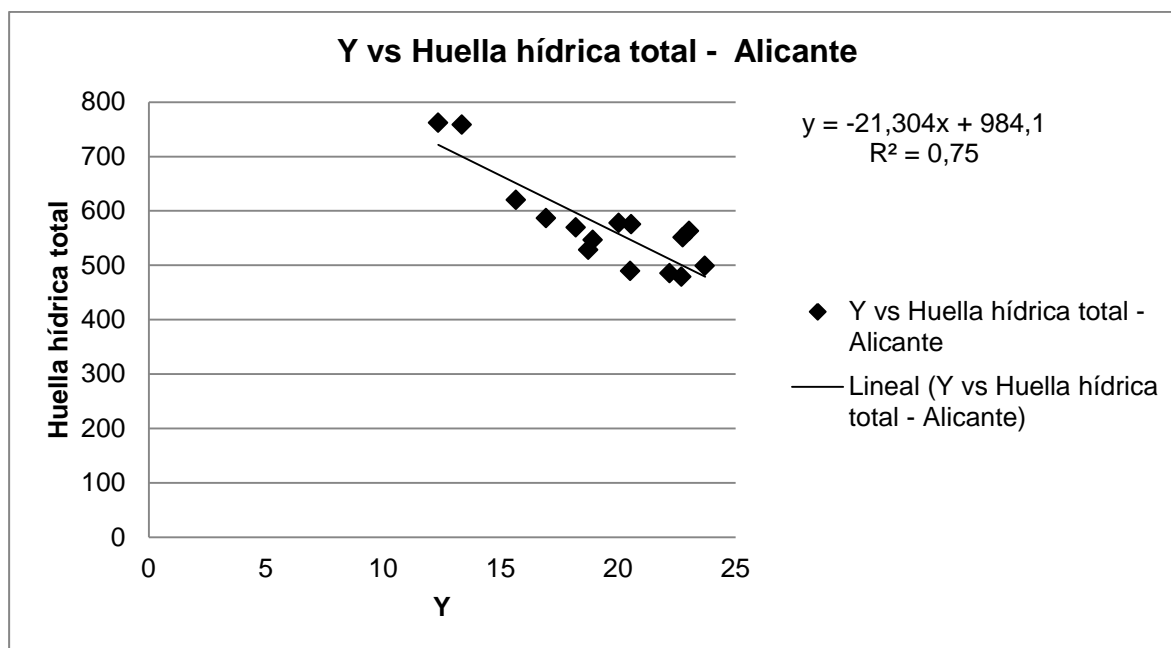


Gráfico 32. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo utilizado en Alicante.

En la provincia de Alicante el punto de máximo de la huella hídrica total supera los 700 m³/ton coincidiendo con un Y de 12,5 ton/ha. Por otro lado el valor mínimo de la huella hídrica total es mínimamente inferior a los 500 m³/ton coincidiendo con un resultado que apenas alcanza las 25 ton/ha.

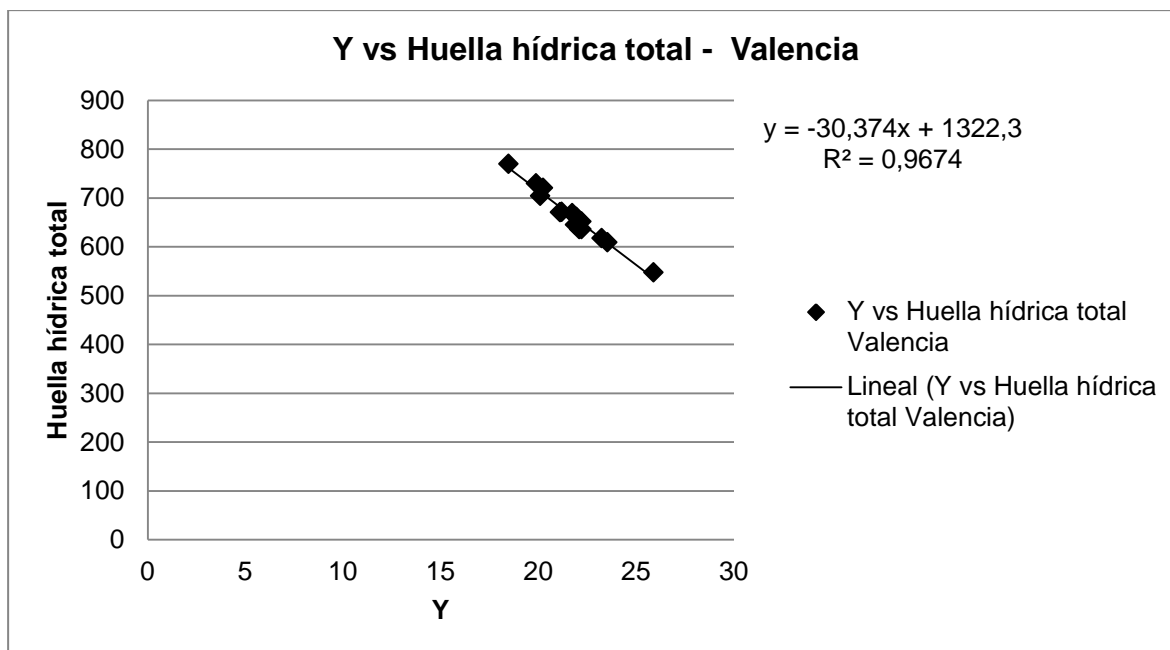


Gráfico 33. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo utilizado en Valencia.

En la provincia de Valencia el punto de máximo de la huella hídrica total supera los 750 m³/ton coincidiendo con un Y aproximada de 19 ton/ha. Por otro lado el valor mínimo de la huella hídrica total es cercano a los 520 m³/ton coincidiendo con 26 ton/ha de cultivo utilizado.

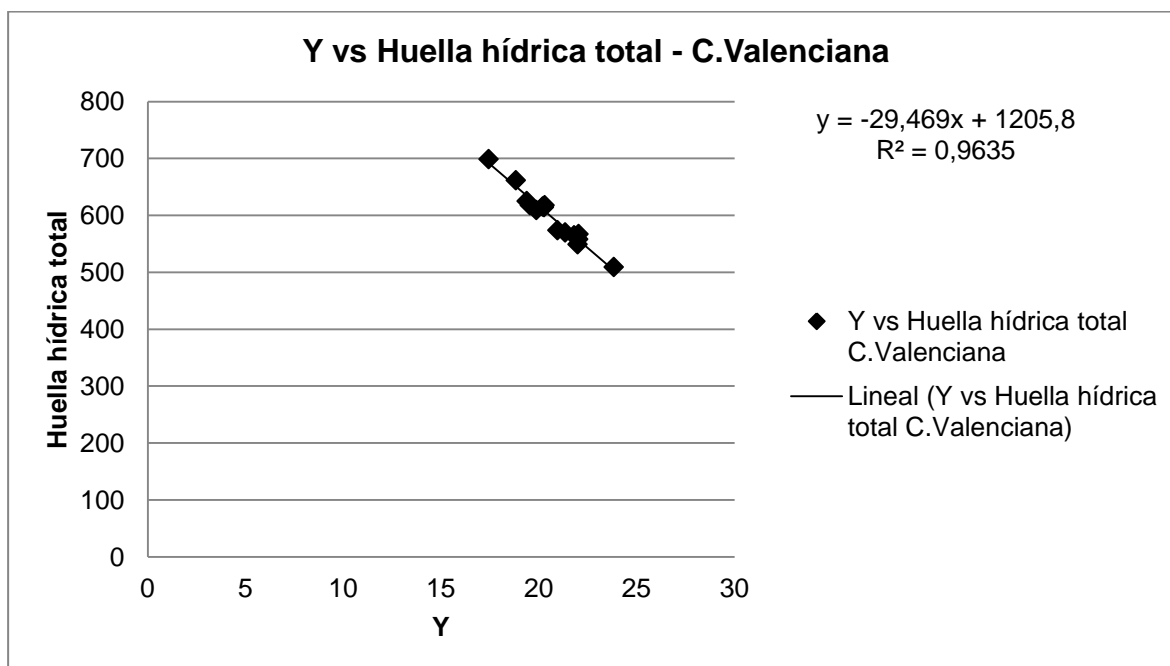


Gráfico 34. Relación entre la huella hídrica total y el cultivo utilizado en la CAV.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Por último en la CAV, el punto de máximo de la huella hídrica total llega a los 700 m³/ton coincidiendo con un Y de 17 ton/ha, mientras el valor mínimo de la huella hídrica total es igual a los 500 m³/ton coincidiendo con un resultado de cultivo utilizado que no llega a las 25 ton/ha.

Como se introdujo al principio del epígrafe, tras mostrar y a posterior observar los gráficos se confirma lo redactado. En las tres provincias coincide una tendencia de descenso muy fuerte, aumentando el cultivo utilizado según desciende la huella hídrica total.

Para un mejor análisis se adjunta la siguiente tabla, quedando de manera patente que el cultivo utilizado guarda una relación enorme respecto a la huella hídrica, siendo el parámetro más determinante.

Coeficiente de correlación entre la huella hídrica total y el cultivo utilizado.	
Provincia	Coef. Correlación
Alicante	0,866
Castellón	0,9202
Valencia	0,9835
CAV	0,9815

Tabla 21. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total y el cultivo utilizado de las provincias de la CAV y sus provincias.

9.6. Correlación de la huella hídrica total con diversas variables

En este punto se obtendrán los coeficientes de correlación de los valores de la huella hídrica total obtenida y el cultivo utilizado con los siguientes indicadores de la CAV y sus provincias: la evolución de la población, el número de empleos relacionados con el sector agrario, el PIB y la renta per cápita. Se han elegido estos indicadores para establecer relaciones con los ámbitos sociales y económicos pudiendo extraerse conclusiones sobre el impacto que supone la huella hídrica de los cultivos de cítricos en la CAV.

9.6.1. Coeficiente de correlación de la evolución de la población de la CAV y sus provincias con la huella hídrica total del cultivo de cítricos

En la siguiente tabla se muestran los censos de población anuales desde el año 1996 hasta el año 2006, obtenido a partir de los informes proporcionados por la Fundación de las Cajas de Ahorro, Funcas [38]:

A simple vista se observa que en las provincias de Castellón y Alicante en la CAV se coincide en que el censo de población experimenta un descenso progresivo, siendo la gráfica de la comunidad la que tiene la recta de tendencia con mayor pendiente. Por último en la provincia de Castellón la evolución es prácticamente constante durante todo el período de tiempo que comprende este estudio. Para una mejor observación se adjunta el siguiente gráfico con las tendencias experimentadas en cada provincia:

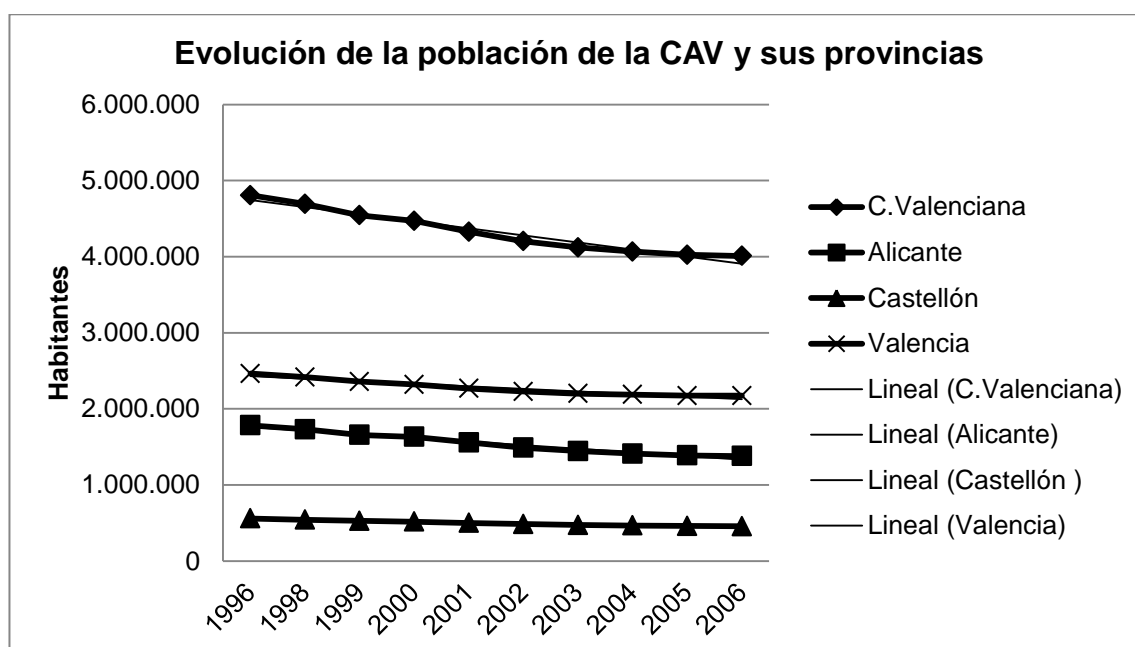


Gráfico 35. Evolución de la población en la CAV y sus provincias [38].

Se analizará ahora los diferentes coeficientes de correlación que supone la población de cada provincia con los valores obtenidos en el cálculo de la huella hídrica total.

Para la provincia de Valencia:

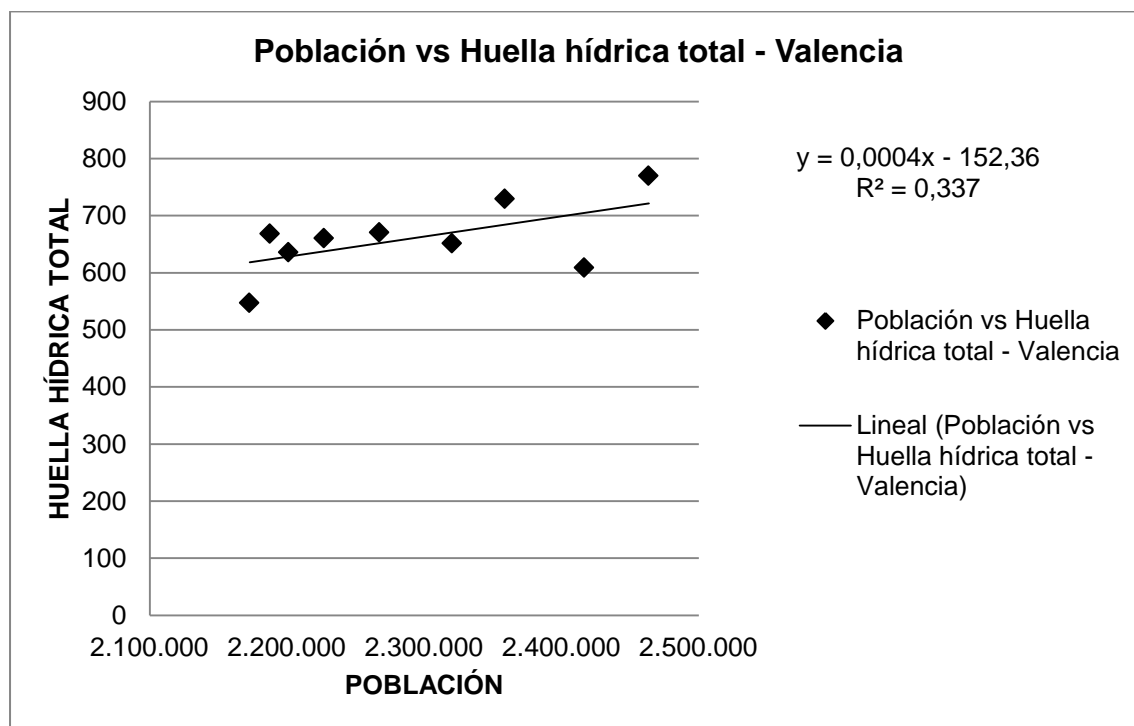


Gráfico 36. Correlación entre la población y la huella hídrica total de Valencia.

La relación entre la huella hídrica total y la población muestran una relación ascendente, es decir, al aumentar un parámetro el otro también. El punto mínimo de la gráfica corresponde a 610 m³/ton para una población de 2200000 de habitantes mientras el máximo supera los 700 m³/ton para una población de 2450000 habitantes.

Para la provincia de Castellón:

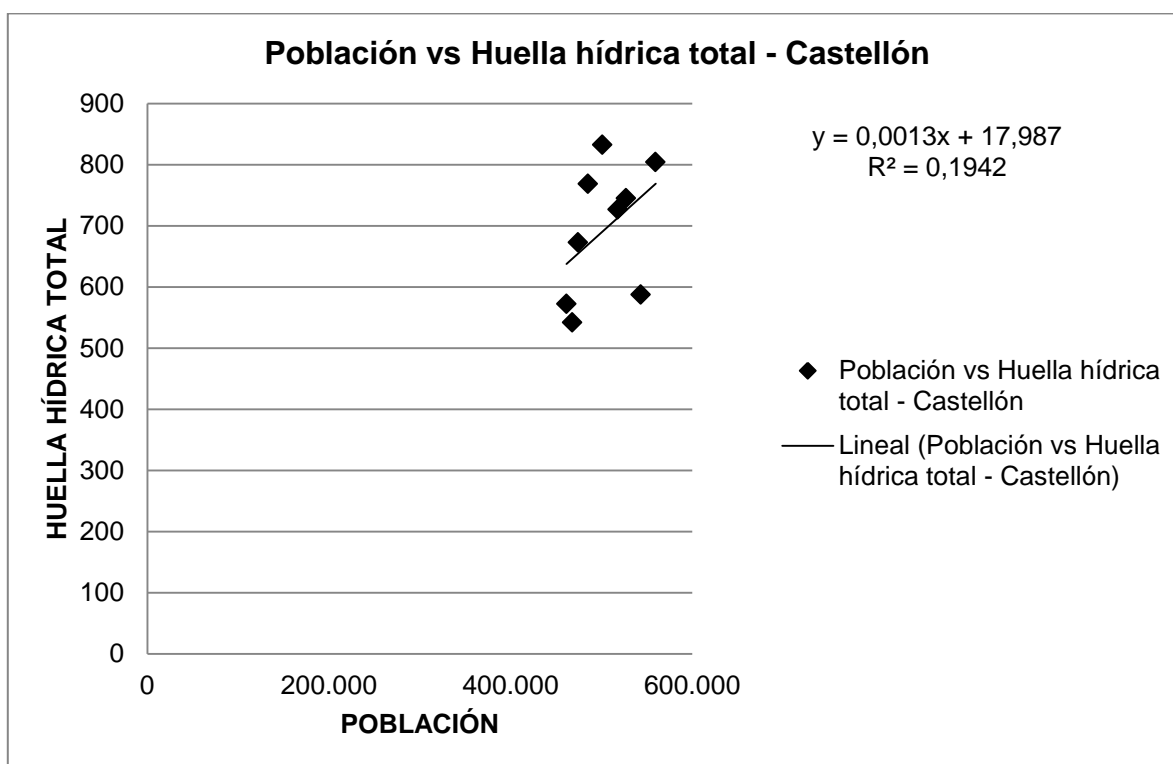


Gráfico 37. Correlación entre la población y la huella hídrica total en Castellón.

La relación entre la huella hídrica total y la población muestran una relación ascendente, es decir, al aumentar un parámetro el otro también con una pendiente mucho más grande a diferencia de lo mostrado en la provincia de Valencia. El punto mínimo de la gráfica corresponde a 620 m³/ton para una población de 440000 de habitantes aproximadamente, mientras el máximo supera los 770 m³/ton para una población de 570000 habitantes.

Para la provincia de Alicante:

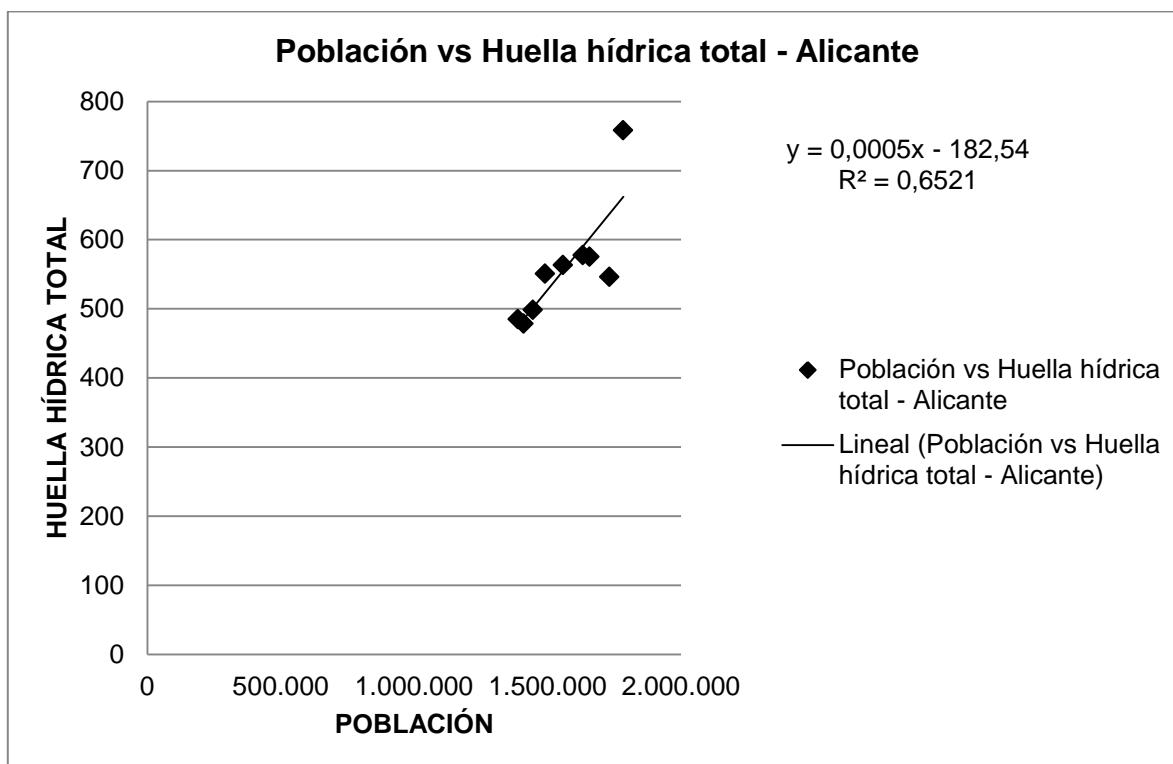


Gráfico 38. Correlación entre la población y la huella hídrica total en Alicante.

La relación entre la huella hídrica total y la población muestran una relación ascendente, es decir, al aumentar un parámetro el otro también mostrando además una pendiente elevada al igual que la provincia de Castellón. El punto mínimo de la gráfica no alcanza los 500 m³/ton para una población de 1500000 de habitantes aproximadamente mientras el máximo supera los 650 m³/ton para una población que no alcanza los 200000 habitantes.

Finalmente, para la CAV:

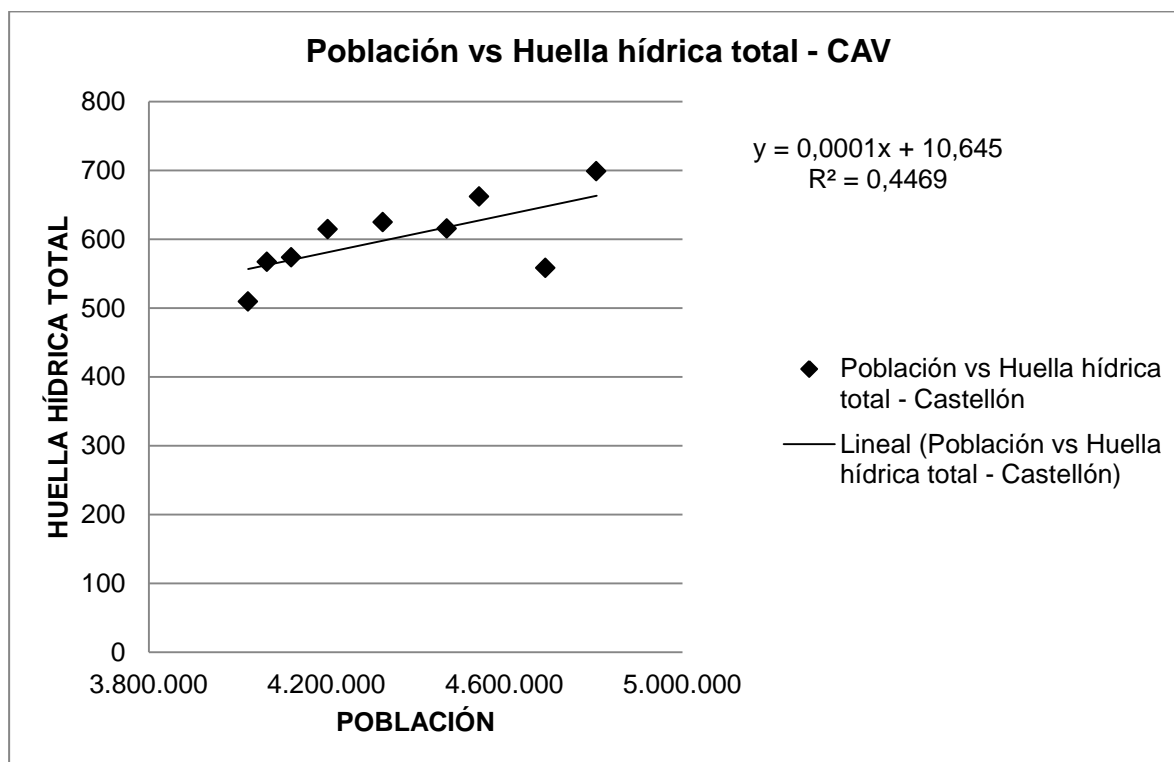


Gráfico 39. Correlación entre la población y la huella hídrica total en la CAV.

Por último, en la CAV la relación entre la huella hídrica total y la población muestran una relación ascendente. El punto mínimo de la gráfica corresponde a 550 m³/ton para una población que rondaría los 4100000 de habitantes mientras el máximo supera los 660 m³/ton para una población que termina de alcanzar los 5000000 de habitantes.

Todos los gráficos anteriormente expuestos coinciden en la misma tendencia, a mayor aumento de la huella hídrica total la población experimenta un crecimiento progresivo. Cabe destacar las provincias de Alicante y Castellón donde la pendiente es más grande, mientras en Valencia y en la misma CAV son más pequeñas.

Para un mejor análisis se extraen los coeficientes de correlación en la siguiente tabla:

Relación entre la huella hídrica total y la población	
Provincia	Coef. Correlación
Alicante	0,8075
Castellón	0,4407
Valencia	0,5805
CAV	0,6685

Tabla 22. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total y la población de la CAV y sus provincias.

Los valores obtenidos muestran una alta correlación, sobretodo en la provincia de Alicante mientras en Castellón dado que era la provincia con la progresión de la población más constante es el menor, aunque para nada despreciable.

De toda esta información se puede extraer que cuanto más aumenta la población mayor es la huella hídrica total del cultivo de cítricos en la CAV y sus provincias, dicho en otras palabras, cuantas más personas haya mayor será el consumo de agua.

9.6.2. Coeficiente de correlación de los empleos relacionados con el sector agrario de la CAV y sus provincias con la huella hídrica total del cultivo de cítricos y el cultivo utilizado

En este epígrafe se analizarán como se relaciona la población activa dedicada al sector agrario y la evolución que ha seguido durante el período de tiempo estudiado respecto a la huella hídrica y el cultivo utilizado, Y. Los datos de los empleos relacionados con el sector agrario que se emplearán han sido extraídos del Balance económico regional (autonomías y provincias) desde el año 2000 al 2006 [38].

A continuación se muestran los gráficos para un mejor análisis de su evolución, se comienza por la provincia de Alicante:

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

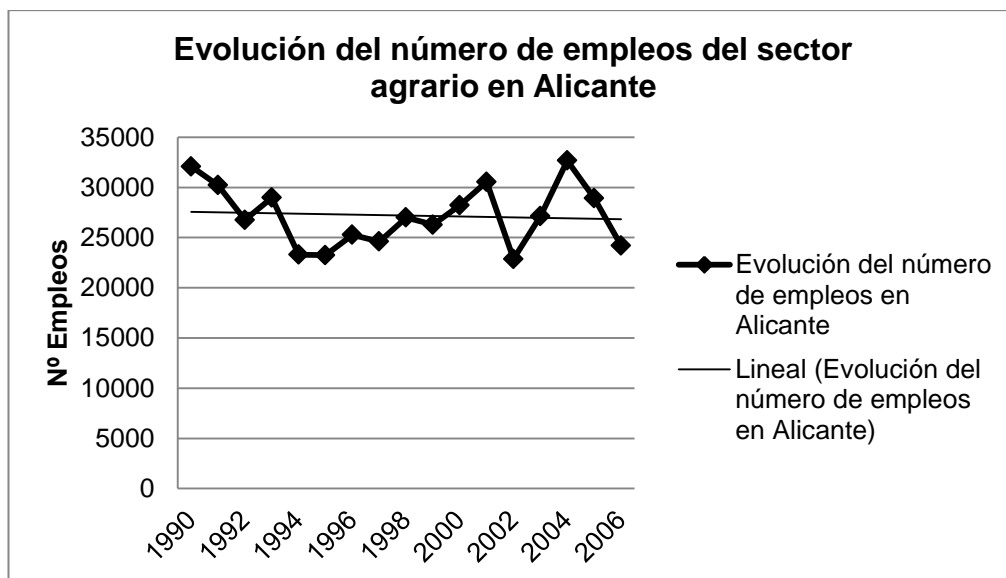


Gráfico 40. Evolución del número de empleos del sector agrario en Alicante [38].

En esta gráfica la recta que muestra la tendencia a pesar de mostrar una pendiente negativa, esta es muy pequeña. Los puntos no guardan sin embargo una evolución uniforme, mostrando el pico superior 32000 empleos en el 2004 y el mínimo 27500 trabajadores del campo en el año 2002.

Para la provincia de Valencia:

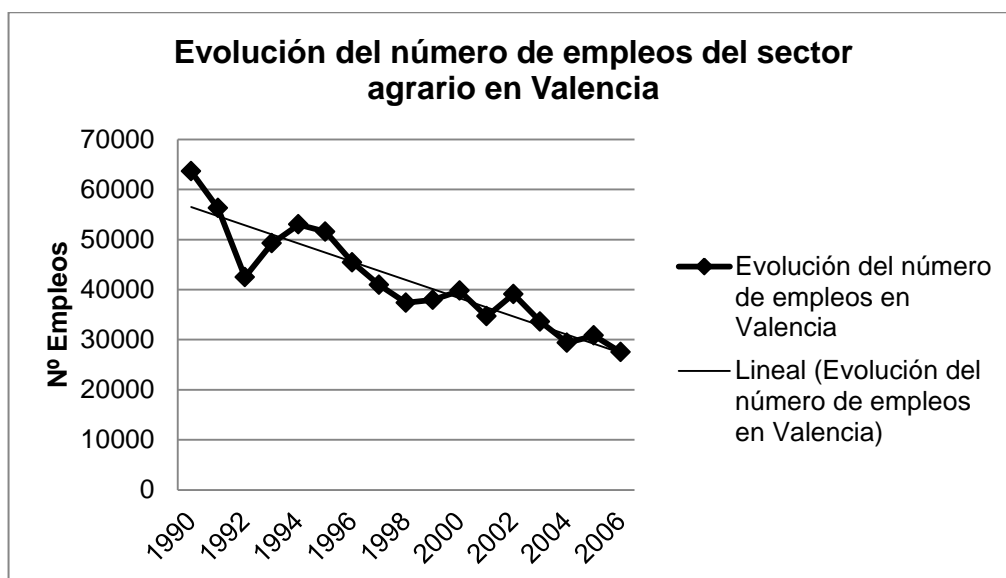


Gráfico 41. Evolución del número de empleos en el sector agrario en Valencia [38].

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Muestra una evolución descendente con una tendencia que guarda una pendiente nada despreciable. Aunque bien es cierto que tras la caída en el año 1992 en dos siguiente experimenta una recuperación sin volver al valor inicial de 1990 de 62000 personas empleadas en el campo. El valor mínimo se sitúa en el año 2006 siendo más de 25000 empleos.

Para la provincia de Castellón:

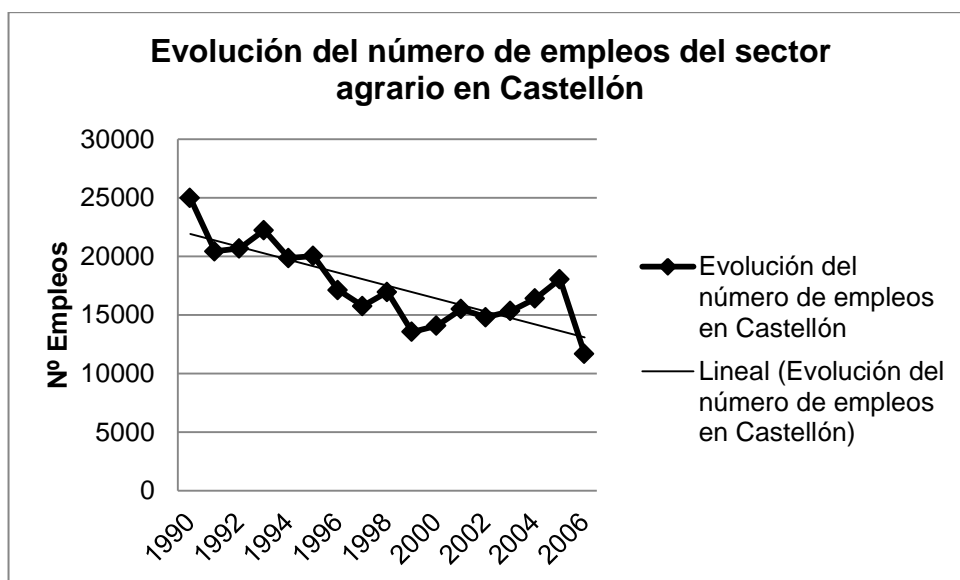


Gráfico 42. Evolución del número de empleos del sector agrario en Castellón [38].

En la provincia de Castellón también experimenta una fuerte caída, aunque el gran descenso producido en el 2006 llegando al valor mínimo de apenas 11000 personas empleadas. Tampoco puede pasarse por alto la subida experimentada a partir del año 2000, aunque lejos de recuperar los valores iniciales de 1990 situados en 25000 empleos.

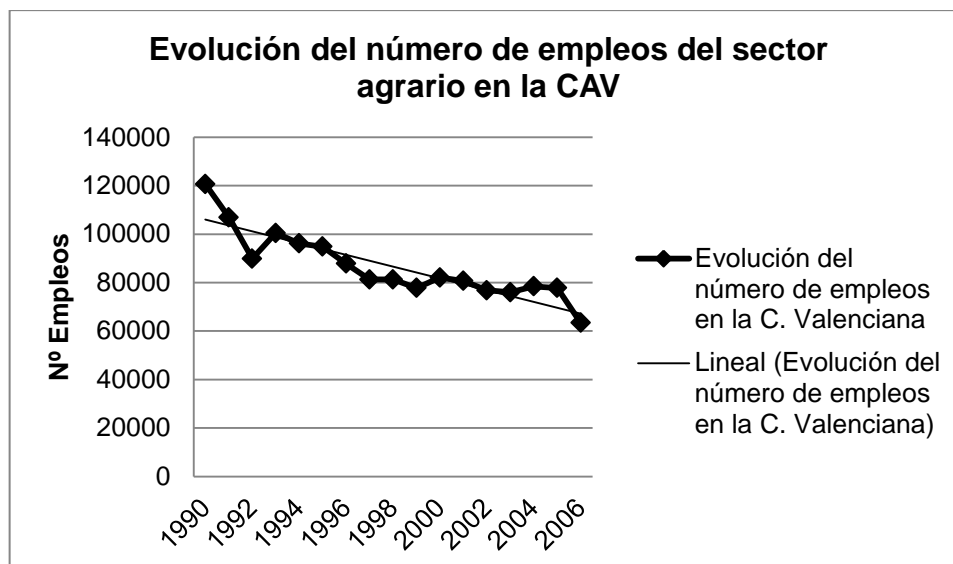


Gráfico 43. Evolución del número de empleos en el sector agrario en la CAV [38].

En la CAV se pueden distinguir dos tramos con cierta notoriedad. El primero sería de 1990 a 1998 en el que experimenta un descenso progresivo, reduciendo el número de empleos de 120000 del primer año a los 80000 que alberga el año que cierra este primer período. Por otro lado el segundo tramo sería de estabilidad hasta el año 2005 en torno a la cifra de 80000 empleos, experimenta la última caída de alrededor de 20000 personas menos en el año 2006, situándose aquí el mínimo.

En definitiva, en las provincias de Castellón y Valencia, el número de empleos que abarca el campo sufre una disminución progresiva, es decir, cada año que aumenta menos personas se dedican a las labores agrícolas. Mientras en la provincia de Alicante esta cifra se mantiene prácticamente constante.

Se analizan ahora estos datos en relación con el cultivo utilizado para poder extraer conclusiones a continuación, se comienza en la provincia de Alicante:

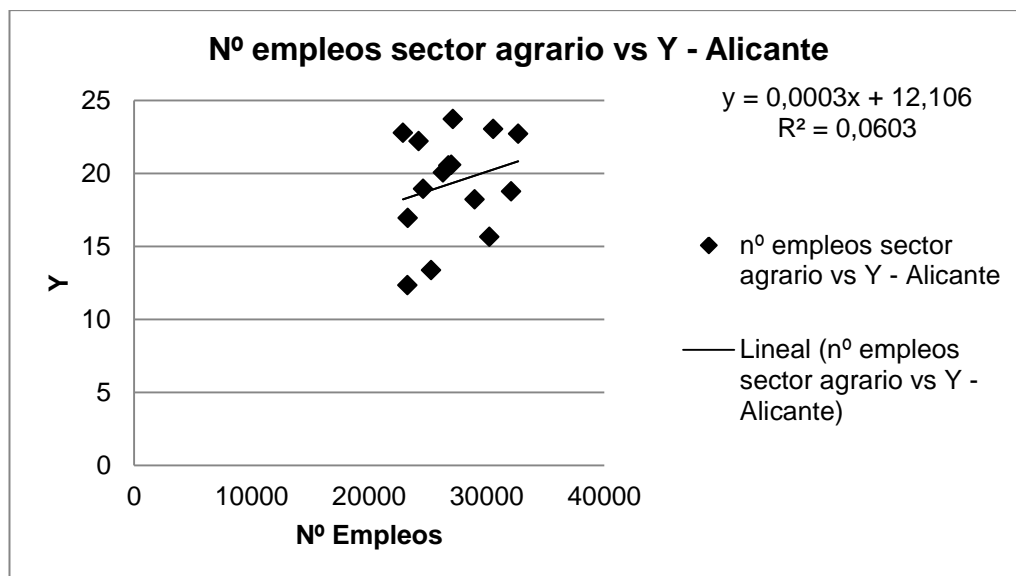


Gráfico 44. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de Alicante.

En esta provincia, el punto mínimo tiene los valores de 18 ton/ha ocupando a 25000 personas, mientras el punto máximo supera las 21 ton/ha para ocupar alrededor de 35000 personas.

En la provincia de Valencia:

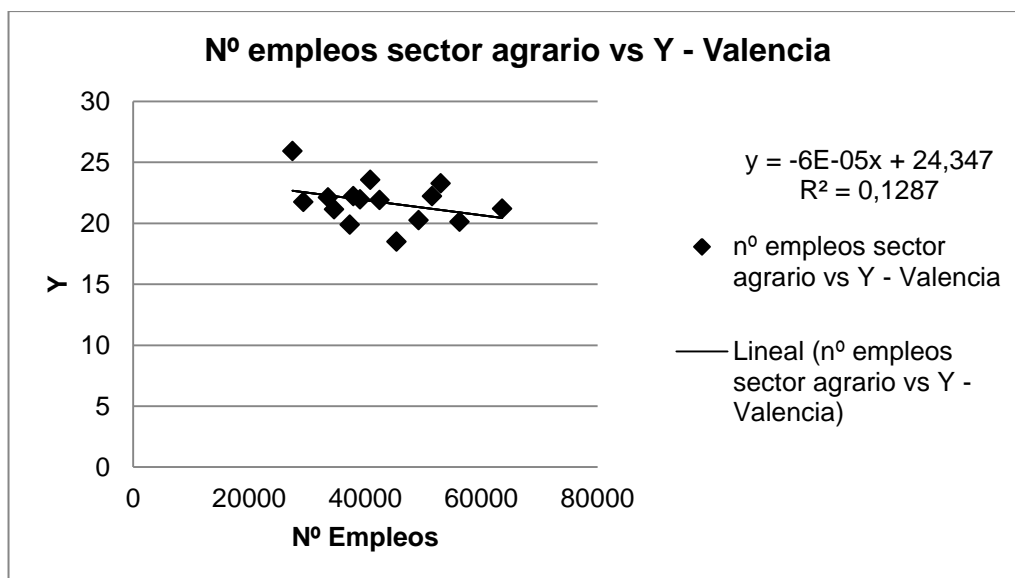


Gráfico 45. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de Valencia.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En esta provincia a diferencia de alicante, ocurre lo contrario, cuantas más toneladas se obtengan por ha de cultivo utilizado menos personas hay dedicadas en el sector agrícola, cabe decir que la pendiente no es muy marcada. El punto mínimo tiene los valores de 20 ton/ha aproximadamente ocupando a 70000 personas, mientras el punto máximo supera las 22 ton/ha para ocupar alrededor de 30000 personas.

En la provincia de Castellón:

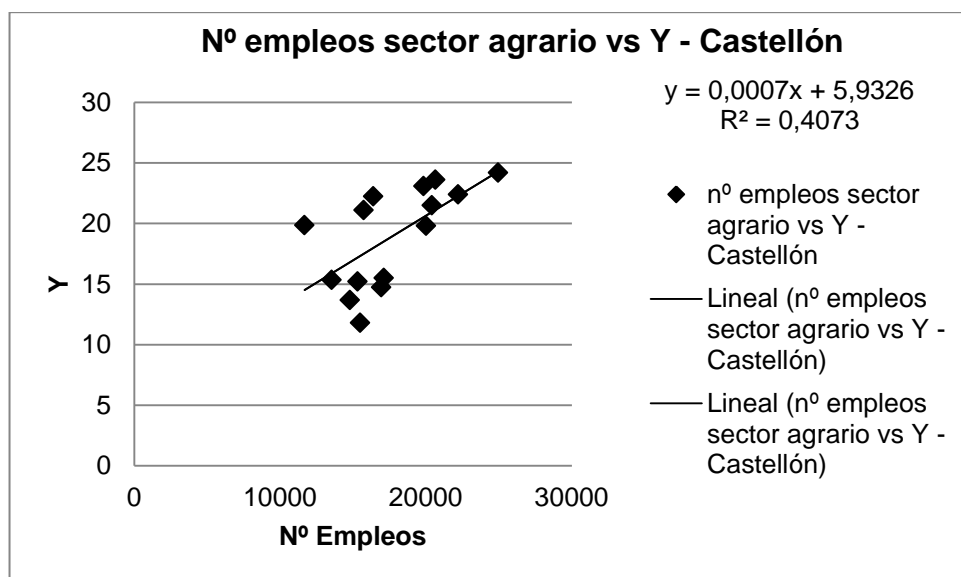


Gráfico 46. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de Castellón.

El gráfico de esta provincia acusa una pendiente muy marcada guardando la similitud con lo que ocurre en la provincia de alicante, cuantas más toneladas de cítricos se produzcan por hectáreas de cultivo utilizada mayor número de personas se encuentran trabajando en el campo. El punto mínimo tiene un valor inferior a 15 ton/ha ocupando a 11000 personas aproximadamente, mientras el punto máximo prácticamente alcanza las 25 ton/ha para ocupar alrededor de más de 26000 personas.

Por último se muestra el gráfico de la CAV:

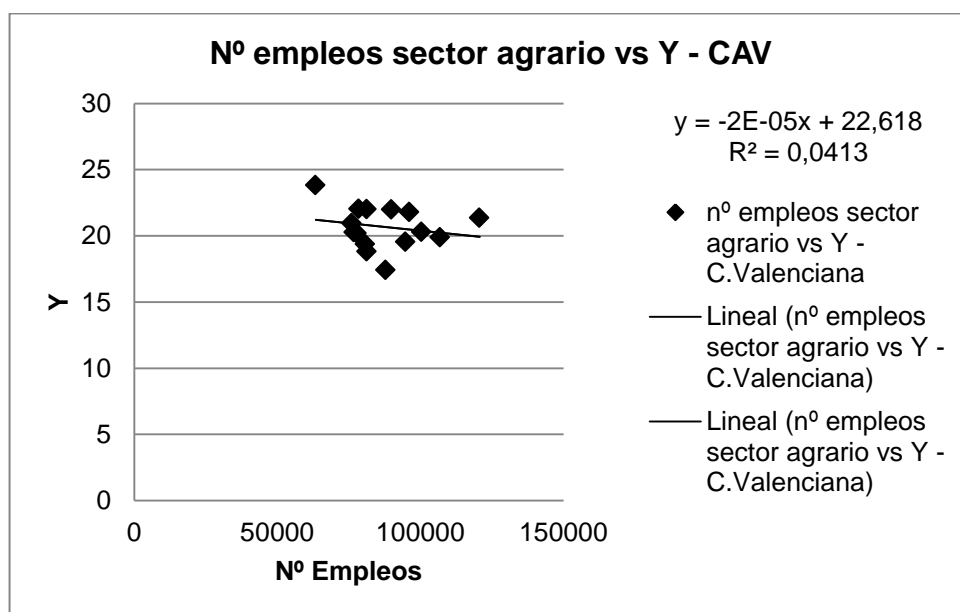


Gráfico 47. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y el cultivo utilizado en el cultivo de cítricos de la CAV.

En la CAV prácticamente se mantiene constante el valor de las ton producidas por ha empleadas de manera independiente con las personas empleadas. En un intervalo que apenas oscila entre 75000 y 125000 empleos el coeficiente Y apenas varía entre los valores de 20 y 22 ton/ha.

En la siguiente tabla se muestran los valores de los coeficientes de correlación obtenidos a través de los gráficos anteriores.

Relación entre Y y el nº de empleos agrarios	
Provincia	Coef. Correlación
Alicante	0,2455
Castellón	0,6382
Valencia	0,3587
CAV	0,2032

Tabla 23. Coeficientes de correlación del cultivo utilizado y el nº de empleos agrarios.

A continuación, se analizarán los resultados obtenidos en el cálculo de la huella hídrica en correlación con el nº de empleos en el sector agrario en la CAV y sus provincias. Se comienza de nuevo por la provincia de Alicante:

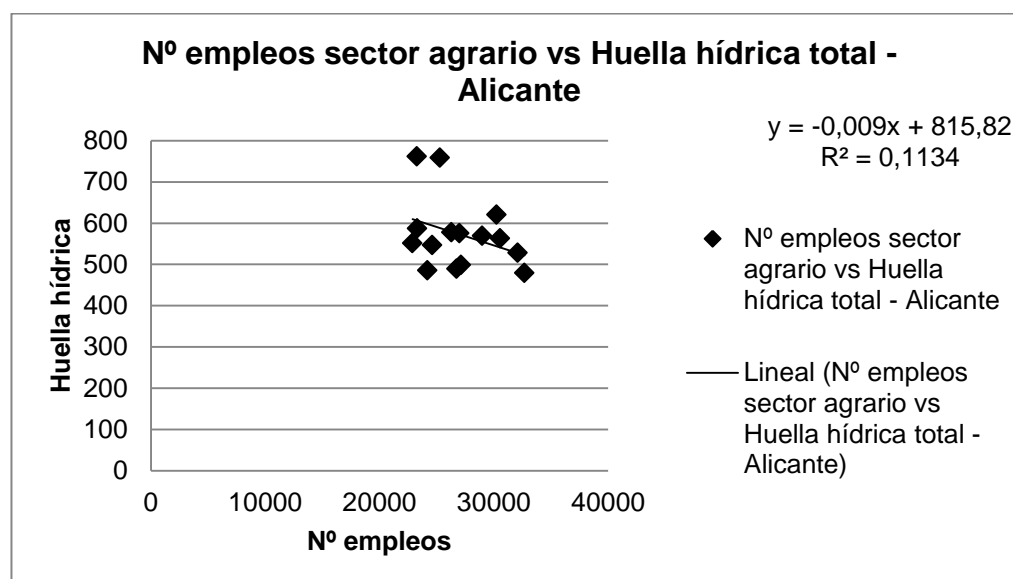


Gráfico 48. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en Alicante.

En esta provincia los resultados de la huella hídrica que forman la recta de tendencia se encuentran situados entre los 600 y 500 m³/ton. La pendiente es negativa, por lo que el número de empleos crecen a razón de obtener una huella hídrica total más pequeña.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En la provincia de Valencia:

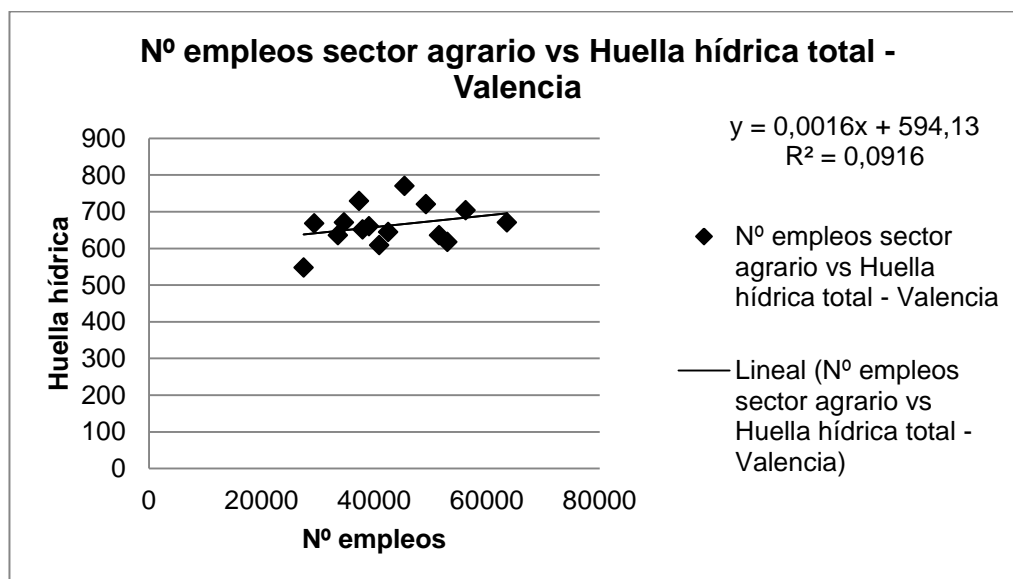


Gráfico 49. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en Valencia.

En Valencia, al igual que ocurría con el coeficiente Y, según aumenta el la huella hídrica total empleada en el cultivo de cítricos también lo harán el número de empleos. En esta provincia, la huella del agua oscilara entre los 620 y 700 m³/ton, mientras que el número de personas trabajando en el campo va de las 30000 a las 65000 aproximadamente.

Para la provincia de Castellón:

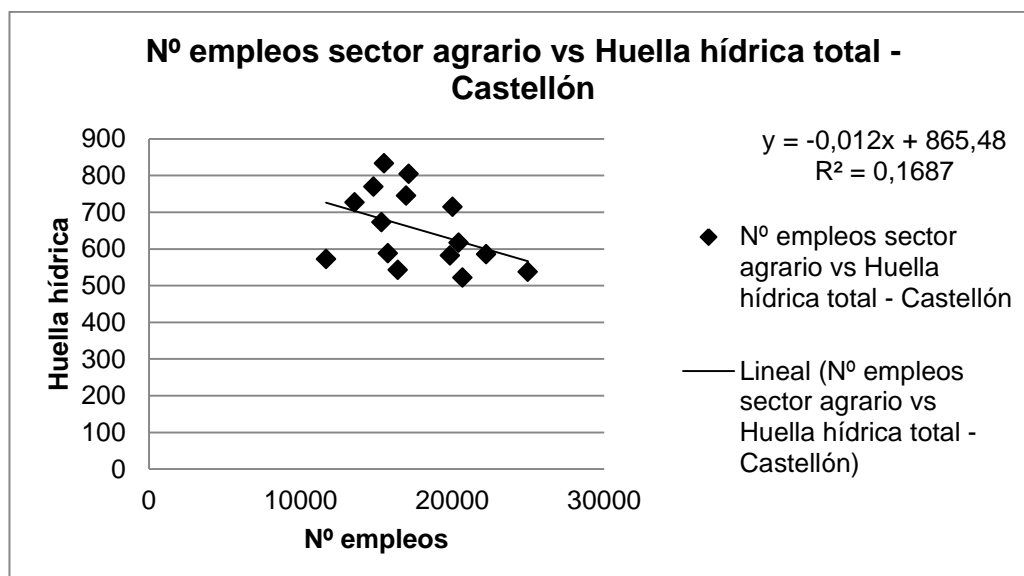


Gráfico 50. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en Castellón.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En este gráfico se muestra una tendencia similar a la provincia de Alicante con una pendiente negativa, lo cual se traduce también en que según descienda la huella hídrica total los empleos lo harán de manera inversa y su número crecerá. El punto máximo que muestra la recta sería de para una huella de agua superior a los 700 m³/ton, el número de empleos rondará alrededor de los 12000. Por otro lado el mínimo será para una huella hídrica total aproximada a 550 m³/ton el número de puesto de trabajo superara los 25000.

Por último se muestra el gráfico de la CAV:

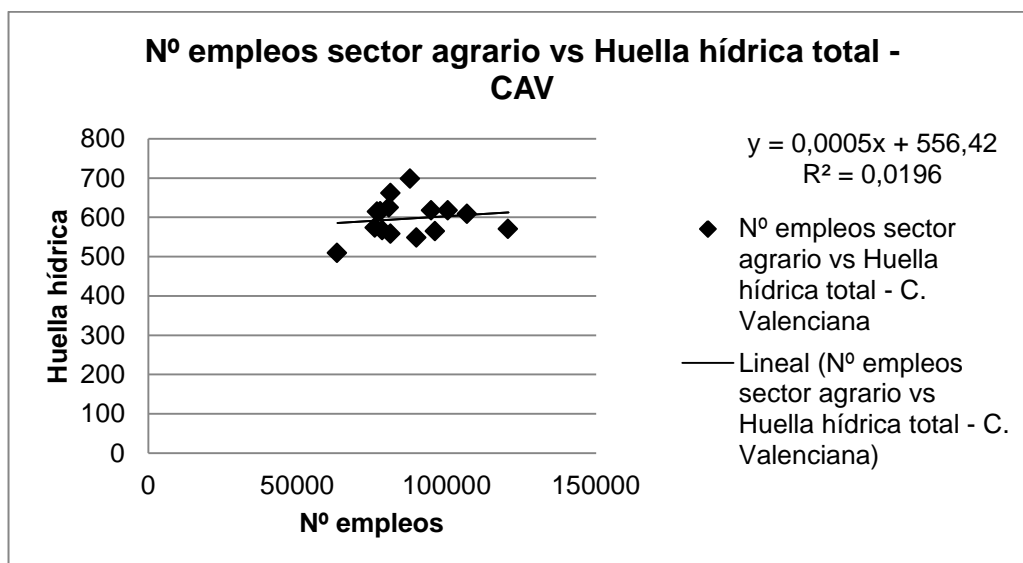


Gráfico 51. Relación entre el número de empleos en el sector agrario y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en la CAV.

En este gráfico se muestra una tendencia ligeramente ascendente ya que muestra pendiente positiva. Aún así mientras el número de empleos relacionados con el campo en la CAV oscilan en un intervalo grande entre 75000 y 125000 personas aproximadamente, la huella hídrica total lo hace entre 590 y 610 m³/ton respectivamente.

En la siguiente tabla se muestran los valores desglosados del coeficiente de correlación:

Relación entre la huella hídrica total y el nº de empleos agrario

Provincia	Coef. Correlación
Alicante	-0,3367
Castellón	-0,4107
Valencia	0,3026
CAV	0,14

Tabla 24. Coeficientes de correlación de la huella hídrica total del cultivo de cítricos y el número de empleos agrarios.

9.6.3. Coeficiente de correlación del PIB y renta per cápita de la CAV con la huella hídrica total del cultivo de cítricos y el cultivo utilizado

Según los datos obtenidos en el portal datos macro, el PIB de la CAV desde el año 1995 hasta el 2006, ha experimentado un crecimiento constante. Lo mismo ocurre con la renta per cápita de este territorio, ambos datos obtenidos a partir del diario de economía Expansión [39].

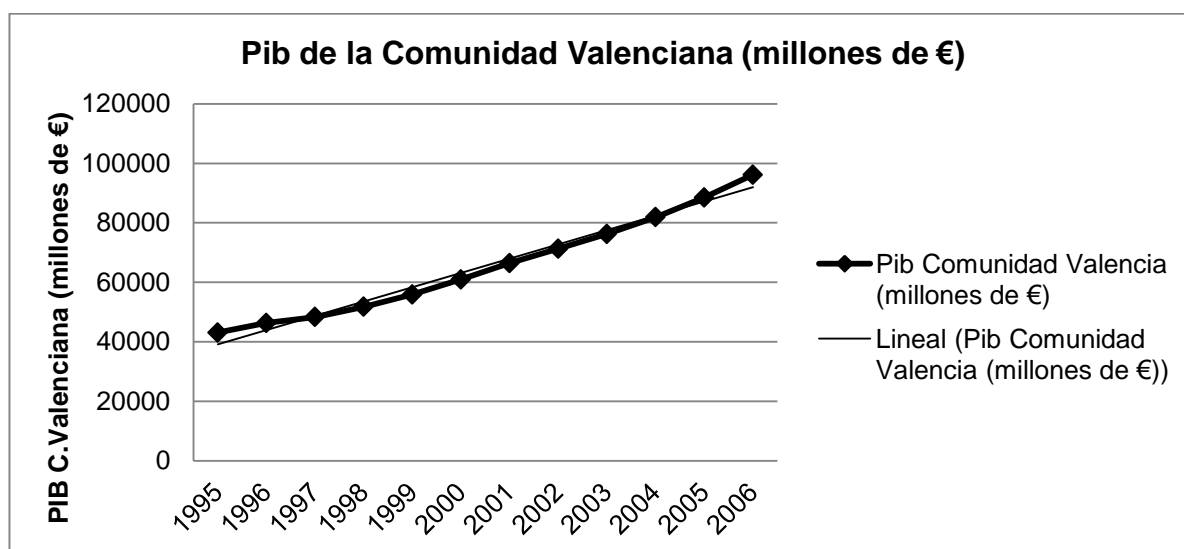


Gráfico 52. Evolución del PIB de la Comunidad Valenciana [39].

El PIB de la CAV revela un ascenso progresivo sin que haya ningún punto inferior al anterior. El PIB para el año 2006 roza los 100000 millones de euros.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

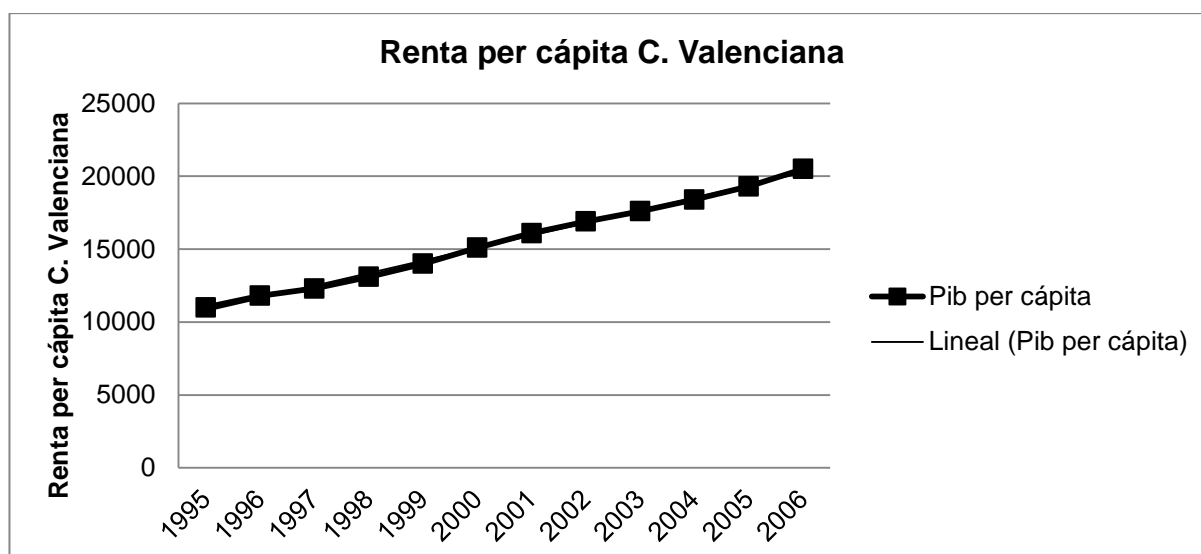


Gráfico 53. Renta per cápita de la CAV [39].

Por otro lado, la renta per cápita de la CAV muestra una tendencia similar al PIB aunque con una pendiente menos pronunciada. Mientras en el año 1995 la renta per cápita de los habitantes de la CAV era aproximadamente 11000 euros, en el año 2006 tal cifra ascendió a los 20000 euros.

Siendo los coeficientes de correlación con la huella hídrica total los siguientes:

Correlación entre el PIB y la huella hídrica

-0,699669027

Correlación entre la huella hídrica total y la renta per cápita

-0,668195177

Tabla 25. Coeficientes de correlación entre la huella hídrica total del cultivo de cítricos y los datos macroeconómicos de la CAV.

Ambos resultados son negativos por lo que a un aumento de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos, los datos macroeconómicos con los que se comparan disminuyen, es decir, cuanto menos capacidad económica más agua gastamos. Anteriormente se obtuvo que a menor cultivo utilizado aumenta la huella de agua hídrica, por lo que se podrían interpretar estos datos de manera que si disminuye la huella hídrica, aumentan las

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

toneladas producidas por hectárea y por consiguiente el PIB y renta per cápita. En los siguientes gráficos se refleja lo anteriormente desarrollado.

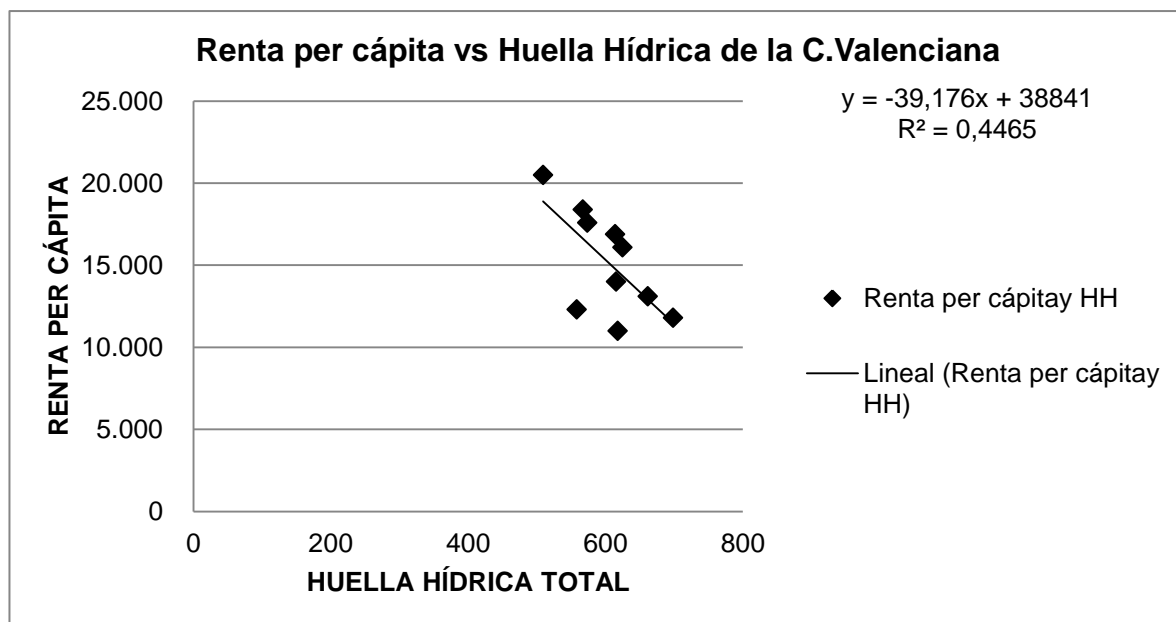


Gráfico 54. Relación entre la renta per cápita y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana.

La gráfica que relaciona la huella hídrica total con la renta per cápita de la CAV muestra una tendencia descendente con una pendiente marcada. El punto máximo rozaría los 20000 euros para un consumo de agua de 550 m³/ton aproximadamente, por otro lado el mínimo valor para la renta per cápita sería cuando la huella hídrica total alcanza los 800 m³/ton aproximadamente.

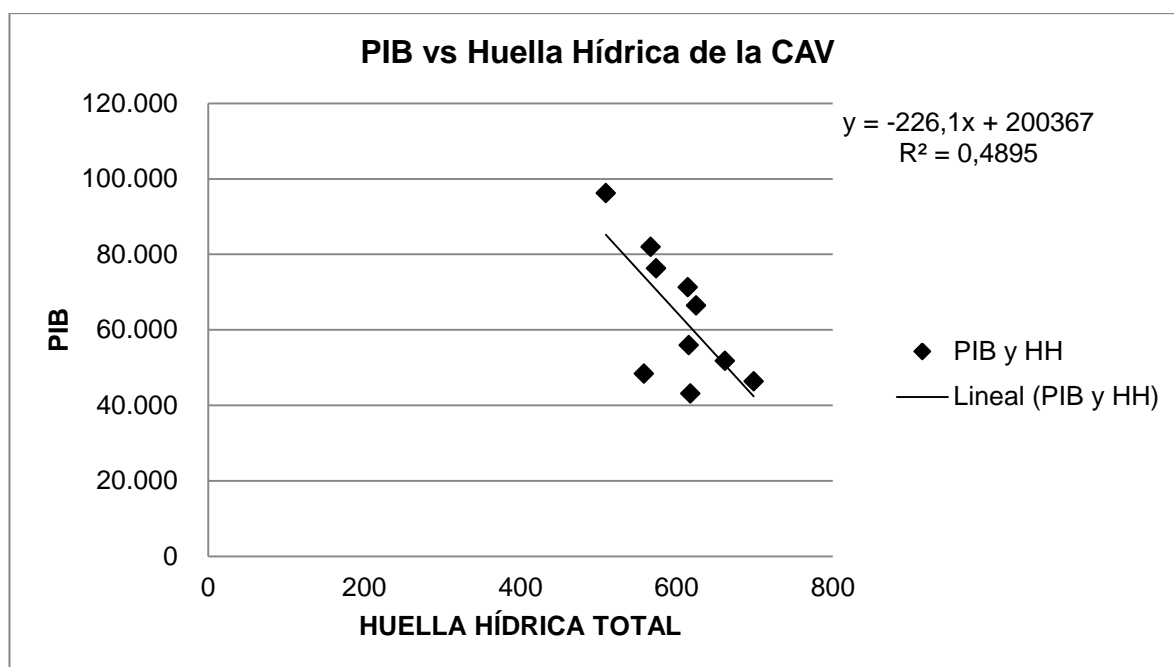


Gráfico 55. Relación entre el producto interior bruto y la huella hídrica total del cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana.

Por otro lado la gráfica que muestra la relación entre el PIB y la huella hídrica total guarda paralelismo con la anterior, aunque cabe decir que la pendiente es aún más acusada. El punto mínimo tendría los valores de 40000 millones de € para una huella hídrica total de 700 m³/ton y el máximo serían los valores de 90000 millones de € aproximadamente para una huella hídrica total de 550 m³/ton.

8.6.4. Huella hídrica estimada en el año 2020

De las gráficas desarrolladas en los puntos anteriores se obtienen las diferentes ecuaciones que permitirán obtener los valores aproximados de la huella hídrica total para el año 2020, fecha fijada por la UE para cerrar el período que comprende el plan PAC, en el cuál se fijan los objetivos de un desarrollo sostenible que trate de equilibrar las desigualdades del mundo rural centrándose en la importancia de mantener el empleo y aumentarlo. Por lo que con los datos obtenidos se podrán extraer conclusiones respecto si se avanza en el buen camino o de lo contrario se deben remediar situaciones antes de que sea tarde.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

Provincia	Ecuación para calcular la HA_{total}	HA_{total} (m^3/ton) para el año 2020
Valencia	$Y = -4,3349x + 697,18$	567.133
Castellón	$Y = 7,1867x + 596,42$	812.021
Alicante	$Y = -6,4246x + 624,06$	431.322
CAV	$Y = -1,535x + 609,17$	563.12

Tabla 26. Huella hídrica total de la CAV y sus provincias en el año 2020.

En las fórmulas detalladas en la anterior tabla el valor de la Y es la HA_{total} y la x el año en el que se quiere calcular, en este caso, como se ha explicado anteriormente será el año 2020. El primer año desde el que se empezó el análisis ha sido 1990 por lo que la distancia a 2020 será de 30 años, siendo el 30 el número por el que se sustituirá la x.

Tras ello, se obtienen los resultados de los que se podía extraer la continuación de las tendencias obtenidas en los gráficos anteriormente expuestos. A continuación, con los valores de la HA_{total} obtenidos se obtendrán los valores de los parámetros utilizados anteriormente para llevar a cabo las correlaciones: nº de empleos relacionados con el sector agrario, el PIB y renta per cápita de la CAV y la población.

Provincia	Ecuación para calcular la población	Población para el año 2020
Valencia	$Y = 0.0004x - 152.36$	1798732.5
Castellón	$Y = 0.0013x + 17.987$	610795.38
Alicante	$Y = 0.0005x - 182.54$	1227724
CAV	$Y = 0.0001x + 10.645$	3637251.88

Tabla 27. Estimación de la población de la CAV y sus provincias en 20

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En las ecuaciones anteriores el valor de la Y será la HA_{total} obtenida anteriormente, por lo que la x representará el número de habitantes en el año 2020.

De los resultados obtenidos se confirma la evolución de la población de la CAV y sus provincias de Alicante y Valencia donde sufre un descenso. Rompe tal evolución la provincia de Castellón en la que hay un considerable aumento de población con respecto al año 2006.

Provincia	Ecuación para calcular el número de empleos en el sector agrario	Número de empleos en el sector agrario para el año 2020
Valencia	$Y = 0,0016x + 594,13$	16873.125
Castellón	$Y = -0,012x + 865,48$	4454.91
Alicante	$Y = -0,009x + 815,82$	42733.11
CAV	$Y = 0,0005x + 556,42$	64061.145

Tabla 28. Estimación del número de empleos en el sector agrario de la CAV y sus provincias en el año 2020.

En las ecuaciones anteriores el valor de la Y será la HA_{total} obtenida anteriormente, por lo que la x representará el número de empleos relacionados con el sector agrario en el año 2020.

De los resultados obtenidos se confirma un descenso en el número de trabajadores agrícolas con respecto año 2006 en Castellón y Alicante, mientras en Alicante experimento una ligera subida en el número. Por tanto la CAV, teniendo en cuenta los trabajadores de las tres provincias experimenta un se mantiene estable por encima de los 60000 empleos agrícolas al igual que en el año 2006, compensándose la pérdida de empleos en Valencia y Castellón con la subida de Alicante.

	Ecuación para obtener el PIB a través de la HA_{total}	PIB obtenido para el año 2020 en millones de €
CAV	$Y = -226,1x + 200367$	75298.048

Tabla 29. Estimación del PIB de la CAV en el año 2020.

	Ecuación para obtener la renta per cápita a través de la HA_{total}	Renta per cápita para el año 2020 en €
CAV	$Y = -39,176x + 38841$	16780.21

Tabla 30. Estimación de la renta per cápita de la CAV en el año 2020.

En las ecuaciones anteriores el valor de la Y será el PIB y la renta per cápita respectivamente, por lo que la x representará el valor de la HA_{total} en el año 2020 obtenido anteriormente.

Comparando los resultados obtenidos con la recta de tendencia obtenida en los gráficos de la evolución del PIB y la renta per cápita en el epígrafe anterior, se puede extraer un retroceso ya que los valores obtenidos distan de los proporcionados para el año 2006.

9.7. Análisis final de resultados

De la realización del documento se puede extraer que a pesar que la tendencia en Valencia y Castellón de la huella hídrica gris sea descendente, en la provincia de Alicante es todo lo contrario teniendo pendiente positiva. Aunque cabe destacar que en esta última en los últimos 4 años ha descendido 100 mm. Aun así el cálculo total obtenido para la CAV muestra una tendencia prácticamente constante con una ligera pendiente negativa, por lo que los datos dan a entender que se va por el buen camino, no puede dejar de descuidarse por la mera importancia que encierra.

Por otra parte, mientras el cultivo utilizado en Castellón guarda una tendencia descendente en relación a la producción de cítricos, es decir, se producen menos toneladas de cítricos en cada hectárea destinada a su cultivo, su huella hídrica total tiene una tendencia ascendente

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

lo que se traduce en se necesitan más metros cúbicos de agua para producir una tonelada de fruta.

Otro ejemplo de manera inversa sería en la provincia de Alicante, en la cual ocurre lo contrario. El cultivo utilizado aumenta mientras la huella hídrica total disminuye, es decir, si en Castellón se producen menos toneladas de fruta por hectárea en Alicante es al revés y se producen menos, por tanto se necesitarán menos metros cúbicos de agua para producir una tonelada de naranjas, limones, mandarinas y pomelos.

Analizando la tendencia para el año 2020, en Valencia se necesitarían aproximadamente 567 metros cúbicos de agua para obtener una tonelada de fruta, distando solo 20 metros cúbicos por encima de los 547 metros cúbicos que se emplearon en el año 2006 que cierra el período que comprende el estudio, por lo que podría considerarse un resultado satisfactorio ya que la diferencia es escasa. En cuanto a la provincia de Castellón, si existe una diferencia bastante mayor y por tanto preocupante, si en el año 2006 se emplearon 572 metros cúbicos para la obtención de una tonelada de cítricos, la estimación prevista para el año 2020 supera los 800 metros cúbicos, lo cual llama a estudiar las posibles causas de este enorme desfase y ponerle situación. Seguimos ahora con Alicante, la provincia de las tres que muestra los resultados más positivos con mucha diferencia, ya que es la única en la que se ha reducido el consumo de agua para producir fruta. Mientras en el año 2006 se utilizaron 485 metros cúbicos de agua en el año 2020 se prevé un empleo menor de este limitado recurso, siendo el resultado de la estimación esta vez de 413 metros cúbicos. Por último, en la CAV, al igual que en Valencia los resultados podrían considerarse positivos ya que aunque se estiman en 2020 un empleo mayor de agua respecto el año 2006, la brecha no es muy elevada distando poco menos de 60 puntos.

A continuación se desarrollan por separado y en el siguiente orden: la relación de la huella hídrica total en relación con la evolución de la población, la relación de la misma con las variables macroeconómicas y, por último, con la evolución de los empleos relaciones con el sector agrario.

En cuanto a la población como se detalló anteriormente se muestra una evolución descendente, a excepción de la provincia de Castellón en la que se mostraba una evolución prácticamente constante. Se analiza ahora por provincias los resultados comenzando por Valencia, en la cual la población acusará un descenso respecto el censo de 2006 en el que superaba los 2 millones de habitantes para no llegar en 2020 a los 1,8 millones, mientras como anteriormente se relataba el consumo de agua aumentará. En Alicante al igual que en Valencia la población se verá reducida al llegar al año 2020 en torno a 100000 habitantes menos pero también se verá reducida la huella hídrica total. En Castellón, tanto la población, Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

cerca de 200000 habitantes más, como la huella hídrica total en los cultivos de agrrios aumentaran. Por último en la CAV, ocurre lo mismo que en Valencia, a pesar de verse reducida la población no ocurrirá lo mismo con el consumo de agua que se verá incrementado.

En los indicadores macroeconómicos utilizados, tanto el PIB como la renta per cápita de la CAV, se puede observar un descenso respecto al año 2006 de manera considerable mientras la huella hídrica total asciende a valores superiores, lo cual se podría extraer la conclusión de que a pesar de experimentar un empobrecimiento ello no influye en una posible concienciación en torno al ahorro de agua. Cabría decir que el año que cierra el período objeto de estudio de este trabajo es el 2006, justo un año antes del comienzo de la crisis económica, de la que ha día de hoy no hemos superado lo cual puede deducirse en ella una causa de peso sobre el retroceso económico que muestra la estimación.

Para terminar, en la evolución de los empleos relacionados con el sector agrario se pueden observar diferentes comportamientos según que provincias, así como tampoco se guarda una relación con el consumo de agua. En Castellón y Valencia, mientras como se detallaba anteriormente el consumo de agua ascendía, el número de empleos se reduce a valores por debajo de la mitad respecto los de 2006. En Alicante, por otro lado, si se guarda una relación paralela, ya que tanto el consumo de agua como el número de empleos comparten pendiente ascendente, alcanzando el indicador un valor con 15000 personas más trabajando en el campo a diferencia de 2006. En cuanto a la CAV, el número de empleos total se muestra prácticamente igual que en 2006 con apenas 1000 trabajadores más.

Para facilitar la comprensión de lo anterior se muestra la siguiente tabla, en la que se resumirá la tendencia de la huella hídrica total y los indicadores que se han utilizado en este documento respecto el año 2006 y el año 2020.

	Huella hídrica total	Población	PIB / Renta per capitá	Empleos agrarios
Valencia	Crece	Decrece		Decrece
Castellón	Crece	Crece		Decrece
Alicante	Decrece	Decrece		Crece
CAV	Crece	Decrece	Decrece	Crece

Tabla 31. Resumen de la evolución desde el año 2006 hasta el 2020 de la huella hídrica total y los respectivos indicadores.

Como se observa en la tabla anterior, la huella hídrica aumenta en Valencia a medida que decrece la población y decrecen los empleos agrarios. En Castellón, aumenta a medida que aumenta la población y disminuyen los empleos agrarios y, en Alicante, la huella hídrica muestra una tendencia decreciente al disminuir la población y disminuir los empleos agrarios.

Por otra parte, en el caso de la CAV, la huella hídrica aumenta a medida que aumenta la población, el PIB y crecen los empleos agrarios.

10. Conclusiones

En este proyecto se ha calculado la huella hídrica de los cítricos de la CAV, donde también se ha llevado a cabo un análisis de las comunidades, así como la correlación y tendencia en comparación con variables macroeconómicas.

El análisis se ha obtenido a partir de los datos en el período de tiempo comprendido entre 1990 y 2006. Para posteriormente obtener los valores de la huella hídrica total en el año 2020.

Cabe indicar que cuando se analiza el concepto de huella hídrica, se viene a la mente la cantidad de agua que es necesaria para obtener algo concreto, ya sea comestible, un artículo de primera necesidad o de lujo. De esta breve descripción y del análisis de resultados se ha observado que cuantas más toneladas de frutas se produzcan por cada hectárea de terreno, menor serán los metros cúbicos de agua que se empleen para obtener una tonelada de tal producto. Por ello, tal vez fuese interesante la búsqueda continua de la optimización de los procesos con el fin de aprovechar mejor los recursos que disponemos.

Una vez calculada la huella hídrica para las tres provincias y para toda la CAV, se ha procedido con la selección de varias variables (población, empleos, PIB/renta per cápita) que han permitido realizar una estimación del número de empleos relacionados con el sector agrícola y la evolución de la población en la CAV y sus provincias hasta el año 2020, como año base de referencia de la PAC en la UE.

De los resultados analizados, se puede concluir que se observa un comportamiento desigual en cuanto a la tendencia estadística y correlaciones, por lo que sería interesante una selección de más series de datos (p.e. a través de la obtención de los resultados en el 2020, año base del PAC) y un análisis donde se incluyan más variables que permitan la elaboración y desarrollo de modelos econométricos.

11. Líneas futuras

El agua es un recurso natural agotable del que el ser humano es responsable y una inadecuada gestión puede conllevar a la pérdida y escasez de la misma.

Este trabajo sopesa la importancia del agua para un desarrollo pleno de la vida, así como el desarrollo sostenible.

En la actualidad, hay intentos por parte de los organismos internacionales y gobiernos de llevar a cabo legislación y normativa que traten de paliar progresivamente este problema, por ejemplo la norma ISO 14046 en la que se ha basado este documento, aunque aún queda mucho que hacer y avanzar. Tampoco hay que derivar la responsabilidad a la parcela institucional, ya que las comunidades y sociedad no están exentas de responsabilidad y han de elevar su conciencia sobre el asunto. Por ejemplo, un europeo y un norteamericano utilizan de media diaria 200 y 400 litros de agua respectivamente, mientras un ciudadano ugandés consume 33 litros diarios según el Informe de los recursos hídricos de la UNESCO publicado en el año 2014 [7].

Por los motivos anteriores, este trabajo de fin de grado supone de por sí un gran reto, y más después de centrarse en un sector que por su propia naturaleza emplea grandes cantidades de agua. Por ello, durante su realización, se pueden extraer conclusiones en torno al papel de las propias entidades agrícolas, y su deber de buscar nuevas interacciones e implementar innovaciones en sus actividades y procesos para señalar, identificar y mostrar los puntos de mayor impacto, tratar de buscar las maneras de reducirlos o por lo menos compensarlos llevando a cabo una transición hacia un nuevo modelo justo y sostenible.

Otro punto que ha sido considerado en el desarrollo de este trabajo es la imprescindible prevención de la contaminación del agua y por consiguiente su reducción, ya que la limpieza posterior es prácticamente imposible. Es muy importante la anticipación a tales problemas, valorar el uso desmedido de fertilizantes y pesticidas, controlar los desagües urbanos, los gases y residuos ocasionados de la quema de combustibles fósiles y diversas actividades industriales. En la realización del trabajo se llevó a cálculo de la huella hídrica gris, a pesar de no ser agua real que se emplea, si es una manera de medir la cantidad de agua que sería necesaria para reducir las concentraciones de productos químicos, responsables no solo de crear una amenaza para los seres humanos sino para el resto de los seres vivos y por tanto del medioambiente.

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

En definitiva, para continuar avanzando existen diversas medidas encima de la mesa, por lo que es vital un estudio que ajuste la inversión de manera que caigan en el olvido la implementación de sistemas integrados para la gestión de aguas urbanas, las formas empleadas en la recogida y uso de agua pluviales o la reutilización de aguas residuales. En el caso concreto de este trabajo, la búsqueda de sistemas de riego que busquen continuamente el aprovechamiento del agua.

Para poder llevar a cabo medidas como las descritas anteriormente a pesar de la parte técnica, es necesario e imprescindible un cambio cultural y de hábitos en el interior de las empresas que se dediquen al cultivo de cítricos en este caso, y de cualquier actividad económica e industrial que se precise el empleo del agua. Aun así, se debe ser consciente en que durante el proceso de elección de una norma, hay que contrastar criterios que permitan una elección acertada en función de los recursos disponibles en la compañía y se siga manteniendo la orientación competitiva hacia un mercado globalizado.

Por último, en términos globales, este trabajo pudiera servir como ejemplo y punto de partida para futuros estudios y cálculos donde se trabaje con diferentes variables y se analicen las tendencias con series de datos mayores.

12. Planificación y presupuesto

Operación	Fecha de inicio	Días completados
Decisión temática e investigación de bibliografía	12/01/2015	10
Introducción y objetivos/hipótesis	25/01/2015	20
Metodología	12/02/2015	30
Resultados	1/04/2015	30
Conclusiones y líneas futuras	1/05/2015	10

Tabla 32. Planificación temporal en la realización del documento

Este documento ha sido siguiendo el procedimiento elaborado para el cálculo de la huella hídrica en el sector agrícola según lo detallado en el Footprint Assesment Manual.

La elección de tal método ha sido siguiendo las pautas descritas en la certificación ISO 14046.

En la primera fase se ha llevado a cabo la búsqueda de la documentación necesaria, así como encuestas, gráficos y otros artículos que sirviesen para iniciar la primera toma de contacto en el tema a desarrollar.

En la segunda fase se ha determinado la documentación que será utilizada, así como los diferentes informes agrarios de donde extraer toda la información necesaria. En esta parte se incluye la adquisición de la norma.

En la tercera fase se albergan todos los cálculos que han sido necesarios llevar a cabo para obtener una solución satisfactoria. También se añaden los diferentes gráficos que han sido convenientes para facilitar la presentación y el futuro análisis de los resultados.

En la cuarta y última parte, se han realizado los diferentes análisis de los resultados en comparación con los indicadores elegidos. En esta parte también se añaden las conclusiones y futuras líneas a tener en cuenta tras la realización del documento.

Concepto	Precio unidad	Nº de unidades	Precio final
Primera fase			
-Estudio situación hidrológica mundial.	1000,00 €	1	3000,00 €
-Estudio y búsqueda documentación.			
Segunda fase			
-ISO 14046	1000,00 €	1	1000,00 €
-Preparación de la documentación elegida.			
Tercera fase			
-Implementación de la metodología.	1000,00 €	1	1000,00 €
-Realización de los cálculos.			
Cuarta fase			
-Análisis de los resultados.	1000,00 €	1	1000,00 €
-Obtención de conclusiones y líneas futuras.			
Costes de hospedaje y vuelos			
-Hotel.	1000,00 €	1	1000,00 €
-Billetes de avión.			
-Manutención.			
TOTAL			5000,00 €

Tabla 33. Presupuesto de los servicios de consultoría.

13. Referencias

- [1] J. Román Martínez, "El agua mineral natural. Una bebida esencial en nuestra hidratación," in *Informes científico del Instituto de Investigación Agua y Salud* vol. 2, ed, 2010
- p. 2.
- [2] R. P. Merino, *El Agua, Alimento Vital Para Sus Celulas*: Palibrio, 2011.
- [3] *Environmental management - Water footprint - Principles, requirements and guidelines.*, 2014.
- [4] *Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines*, 2006.
- [5] *Greenhouse gases. Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification and communication*, 2013.
- [6] Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, M. M. A. and, and M. M. Mekonnen, "The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard " 2011.
- [7] UNESCO, "Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo 2014," 2014.
- [8] D. M. Neira, "La OMS y el UNICEF destacan la necesidad de continuar mejorando el acceso a fuentes de agua potable y servicios de saneamiento mejorados," ed. Organización de las Naciones Unidas, 2014.
- [9] Grid-Arendal, "Vital water graphics," ed, 2008, p. Resource: Fao and Unicef.
- [10] J. L. Murcia. (sept/oct 2010) Cítricos, sensación agri dulce de bienestar. *Alimentación en España*.
- [11] A. y. M. A. Ministerio Agricultura, "Conoce lo que comes," ed. Enciclopedia de los alimentos, 2014.
- [12] I. V. d. C. Empresarial, "Exportación de la Comunidad Valenciana," Generalitat Valenciana 2015.
- [13] V. Zorrilla and M. Petz, "La internacionalización a través de estándares," 2014.
- [14] I. N. d. Estadística, "Extensión superficial de las Comunidades Autónomas y Provincias, por zonas altimétricas," 1994.
- [15] I. V. d. C. Empresarial, "Cítricos de la Comunidad Valenciana," Mayo 2014.
- [16] O. d. I. N. Unidas, "Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo "Agua para todos, agua para la vida" ", ed, 2003, p. 8.
- [17] F. Esteban Moratilla, M. Molina Moreno, and M. Fernández Barrena, "La Huella Hídrica en España," Revista de obras públicas Octubre 2010.
- [18] M. d. A. y. Medioambiente, "Definiciones y usos de suelo en la encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE) " 2010.
- [19] P. Conselleria de Presidencia y Agricultura, Alimentación y agua de la Generalitat Valenciana. Boletín de Información Agraria [Online].
- [20] F. Domingo, L. Villagarcía, and A. Were. (2003) ¿Cómo se puede medir y estimar la evapotranspiración?: estado actual y evolución.
- [21] !!! INVALID CITATION !!!
- [22] A. y. M. A. Ministerio de Agricultura, "Evapotranspiración potencial. Media anual.," ed, 2009.
- [23] a. y. m. a. Ministerio de Agricultura. (2014). *La demarcación hidrológica del Segura*.
- [24] U. P. d. Madrid, "Evapotranspiración. ET. Potencial y ET. de Referencia.," ASCE, Ed., ed, 1989.
- [25] M. T. Sánchez Calle, "Manual de producción de cítricos," ed, Diciembre 2009.
- [26] Infojardín, "Exigencias de cultivo del cítrico."

Cálculo de la huella hídrica total en el cultivo de cítricos de la Comunidad Autónoma Valenciana.

- [27] I. G. N. C. n. d. i. geográfica, "Evaporación media anual," ed. Ministerio de Fomento del Gobierno de España, 2013.
- [28] F. J. Illa Gómez, "Aproximación de los criterios de calidad para el agua de riego."
- [29] A. Sostenible, "Fertilización en cítricos," ed, 2014.
- [30] P. Gil, G. Sellés, and R. Ferreyra, "Manual del riego en cítricos y paltos," Instituto de Investigaciones agropecuarias 2010.
- [31] I. V. d. I. Agrarias, "Como se evalúa la salinidad," Estaciones meteorológicas.
- [32] J. M. de Paz, F. Visconti, R. Zapata, and J. Sánchez, "Integration of two simple models in a geographical information system to evaluate salinization risk in irrigated land of the Valencian Community, Spain," 2006.
- [33] F. Legaz Paredes and E. Primo Morillo, "Normas para la fertilización de los agrios," Consejería de agricultura y pesca, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.
- [34] Infojardín, "Cítrico y cultivo de cítricos," ed, 2006.
- [35] F. Gardiazabal. Marco de plantación para cítricos [Online].
- [36] L. Avilán, "Suelos y fertilizantes para cítricos," Ministerio de poder popular para la agricultura y las tierras, Sistema nacional de información agrícola 1986.
- [37] M. Fernández, "Fertilizantes y contaminantes, un círculo vicioso," Universidad de Oregón, Revista Consumer 2008.
- [38] F. Fundación de las Cajas de Ahorro, "Balance económico regional (autonomías y provincias). Años 2000 a 2006," ed. Madrid, 2007.
- [39] D. Macro. Evolución del PIB de la Comunidad Autónoma Valenciana [Online].
- [40] agua. Infografía sobre la extracción de agua y su distribución por usos en el mundo [Online].
- [41] *The Water Footprint Assesment Manual*, 2011.
- [42] I. Instituto Nacional de Estadística, "Usos del agua: serie histórica de la distribución del agua en los hogares españoles," ed. Ministerio de agricultura, alimentación y medioambiente de España, 1999.
- [43] M. Llamas Madurga, M. Aldaya, G. Colmenero, and Lopez-Gunn. (2009) Soluciones por la escasez del agua en España y su aplicación a otras regiones. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat.* 41-54.
- [44] C. d. I. Sociológicas. Problemas medioambientales que preocupan más personalmente [Online].
- [45] I. N. d. Estadística, "Agua, agricultura y acuicultura," ed, 2006.
- [46] J. G.R, "El problema del agua en la Comunidad Valenciana y Región de Murcia se complica," vol. 5, ed. Agua y riego, Septiembre 2014, pp. 29-30.
- [47] p. Consejería de presidencia y agricultura, alimentación y agua de la Comunidad Autónoma de Valencia, "Boletín de Información Agraria," Segundo trimestre de 2014.